Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale,, n. 135 del 13 giugno 2005 - Serie generale

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/b
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Lunedì, 13 giugno 2005** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 06 85081

N. 107

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

DECRETO 31 gennaio 2005.

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372.

S O M M A R I O

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

DECRETO 31 gennaio 2005.

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO
DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

E

IL MINISTRO DELLA SALUTE

Visto il decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, recante «Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 3, comma 2, che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, e l'art. 5, comma 4, che prevede che l'autorità competente rilascia l'autorizzazione nel rispetto delle linee guida di cui all'art. 3, comma 2;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2, del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281, che ha espresso parere favorevole all'emanazione del presente decreto nella seduta dell'11 novembre 2004;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

1. Ai sensi dell'art. 3, comma 2, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, sono emanate linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, relativamente ad impianti esistenti. Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Ulteriori aggiornamenti delle linee guida allegate formeranno oggetto di successivi decreti ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 31 gennaio 2005

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio
Matteoli

Il Ministro delle attività produttive
Marzano

Il Ministro della salute
Sirchia

Registrato alla Corte dei conti il 19 aprile 2005
Ufficio di controllo sugli atti dei Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro n. 4, foglio n. 155

Allegato I

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida generali

Linee Guida generali per la individuazione ed utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività esistenti di cui all'allegato I del D.Lgs. 372/99

I. Premessa

L'art. 3 comma 2 del D.Lgs. 372/99 recante "Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" prevede l'emanazione di Linee Guida volte alla "individuazione ed utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per le attività elencate nell'Allegato 1" dello stesso decreto. Ciò al duplice scopo di agevolare l'attività delle Amministrazioni competenti al rilascio della "autorizzazione integrata ambientale" (AIA) e di pervenire ad un quadro autorizzatorio nazionale, regionale e provinciale efficace ai fini del conseguimento di un livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso, che risulti compatibile con la situazione del tessuto industriale esistente nel nostro Paese e, al tempo stesso, che contribuisca a delineare un contesto per quanto possibile omogeneo e coordinato, tale da evitare o comunque minimizzare disomogeneità nel livello di protezione dell'ambiente e distorsioni della concorrenzialità del sistema produttivo.

In relazione a quanto precede, le presenti Linee Guida generali intendono individuare i criteri generali essenziali che esplicitino e concretizzino i principi informatori della direttiva 96/61/CE come recepiti dal D.Lgs 372/99 e dunque consentano di definire un insieme di riferimenti di primo livello omogenei e condivisi dalle Amministrazioni e dagli Operatori.

La redazione delle presenti Linee Guida generali è stata condotta contestualmente alla predisposizione di Linee Guida specifiche di settore.

Pertanto, con riferimento a quanto disposto dall'art. 5, comma 4 del D.Lgs. 372/99, il rispetto delle presenti Linee Guida generali deve essere garantito tenendo conto dei contenuti delle corrispondenti Linee Guida specifiche.

II. Principi

Di seguito vengono richiamati i principi di più rilevante interesse al fine della individuazione e dell'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili.

1. *Principio dell'approccio integrato* – L'applicazione di tale principio, introdotto dalla direttiva 96/61/CE quale mezzo per conseguire la riduzione integrata dell'inquinamento nelle varie

componenti ambientali, costituisce di per sé una pratica efficace di prevenzione e controllo delle emissioni. In particolare, tenere conto dei cosiddetti effetti incrociati (*cross-media effects*) costituisce un passaggio essenziale per prevenire e tenere sotto controllo in maniera coordinata le diverse forme di inquinamento.

A tal fine il Gestore, nel compilare la domanda, e l'Autorità competente, nel compiere la valutazione tecnica in sede istruttoria, devono in ogni caso tenere conto:

a) della capacità produttiva potenziale dell'impianto. A tal proposito si precisa che per le attività che sono accompagnate da valori di soglia anche la determinazione dell'appartenenza dell'impianto alle categorie comprese nell'allegato I del D.Lgs. 372/99 deve di norma far riferimento alla predetta capacità produttiva potenziale;
b) delle singole fasi di ciascuna attività svolta nell'impianto produttivo e delle relative interconnessioni funzionali e, per ciascuna fase, degli impatti sulle diverse matrici ambientali e dei consumi di materie prime e di risorse;
c) degli interventi proposti al fine di adeguare gli impianti alle migliori tecniche disponibili;
d) delle valutazioni poste a fondamento della scelta degli interventi suddetti e la coerenza delle stesse con i principi dell'approccio integrato, anche attraverso la quantificazione dei benefici ottenibili in termini di riduzione delle emissioni e di utilizzo delle risorse;
e) degli approfondimenti svolti sulle diverse tipologie di impianti attraverso confronti specifici avutisi anche eventualmente con le organizzazioni di categoria;
f) del quadro ambientale con riferimento alle specifiche sensibilità del sito relativamente a ciascuna matrice;
g) della presenza sul sito di altre realtà operative e infrastrutturali che possono influenzare le scelte tecnologiche e gestionali, in modo tale che le soluzioni proposte garantiscano la massima tutela dell'ambiente nel suo complesso;
h) dei provvedimenti ambientali previsti dalle vigenti disposizioni di legge e sostituiti dall'autorizzazione integrata ambientale evidenziati nell'istanza del richiedente e opportunamente verificati.

2. *Rispetto delle norme di qualità ambientale* – L'AIA deve, in ogni caso, garantire il rispetto delle norme di qualità ambientale vigenti, così come definite nell'art. 2, punto 7 , del D.Lgs. 372/99.

Pertanto nello stabilire le condizioni dell'autorizzazione devono comunque essere rispettati, quali requisiti minimi, i valori limite di emissione fissati dalla vigente normativa nazionale e regionale, integrandoli o sostituendoli, se del caso, con parametri o misure tecniche equivalenti.
Ai sensi dell'articolo 6 del D.Lgs. 372/99, qualora lo stato del sito di ubicazione dell'impianto lo renda necessario, l'Autorità competente nel fissare il limiti di emissione specifici per l'impianto può imporre l'adozione di misure più rigorose di quelle ottenibili con l'applicazione delle MTD al fine di salvaguardare in tale area il rispetto di specifiche norme di qualità ambientale

3. *Principi generali di cui all'art. 3, comma 1 del D.Lgs. 372/99* - Il comma 1, dell'articolo 3, del decreto legislativo 372/99, coerentemente con la Direttiva 96/61/CE, individua i seguenti principi generali di cui tenere conto nel determinare le condizioni per l'autorizzazione integrata ambientale:

a) devono essere prese le opportune misure di prevenzione dell'inquinamento, applicando in particolare le migliori tecniche disponibili;

b) non si devono verificare fenomeni di inquinamento significativi;

c) deve essere evitata la produzione di rifiuti, a norma del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni; in caso contrario i rifiuti sono recuperati o, qualora cio' sia tecnicamente ed economicamente impossibile, sono eliminati evitandone e riducendone l'impatto sull'ambiente, a norma del medesimo decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22;

d) l'energia deve essere utilizzata in modo efficace;

e) devono essere prese le misure necessarie per prevenire gli incidenti e limitarne le conseguenze;

f) deve essere evitato qualsiasi rischio di inquinamento al momento della cessazione definitiva delle attività ed il sito stesso ripristinato ai sensi della normativa vigente in materia di bonifiche e ripristino ambientale.

4. *Le migliori tecniche disponibili* - Le condizioni per il rilascio dell'AIA (valori limite di emissione, livelli/indici prestazionali ambientali,...) sono determinate, generalmente, sulla base delle prestazioni delle migliori tecniche disponibili (MTD) individuate per lo specifico impianto dal singolo Gestore. Tali tecniche sono quelle ambientalmente più efficaci tra quelle economicamente applicabili nelle specifiche condizioni (di settore produttivo, impiantistiche,

gestionali, geografiche ed ambientali). Le MTD devono inoltre essere compatibili con gli strumenti di pianificazione e programmazione del territorio vigenti.

Ai sensi degli artt 2 e 5 del D.Lgs. 372/99, il Gestore, per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili, e l'Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, per la valutazione tecnica della documentazione pervenuta con l'istanza, devono tenere conto innanzitutto dell'allegato IV al D.Lgs. 372/99, nel rispetto delle Linee Guida specifiche.

Per specifiche esigenze, come previsto al capo III delle presenti Linee Guida, il Gestore può riferirsi ad altre tecniche ed in particolare ai BRef già adottati dalla Commissione Europea, ai BRef proposti per l'adozione dalla Direzione Generale per l'Ambiente della suddetta Commissione e ai Final Draft licenziati dall'European IPPC Bureau di Siviglia. In subordine possono essere considerati i Draft in discussione presso il TWG incaricato dall'European IPPC Bureau (almeno quelli giunti al secondo livello). I suddetti documenti sono scaricabili dal sito ufficiale dell'European IPPC Bureau di Siviglia all'indirizzo internet: eippcb.jrc.es

Il ministero dell'ambiente e della tutela del territorio provvede a garantire la sistematica informazione sui BRef e sui relativi Draft.

Il ministero adotta inoltre, d'intesa con le Regioni e le Provincie autonome di Trento e di Bolzano, modalità di scambio di informazioni tra le Autorità competenti, ai fini di una più ampia conoscenza sulle migliori tecniche disponibili e sul loro sviluppo

5. *Condivisione delle informazioni* – Alla luce delle norme in materia di trasparenza amministrativa, la individuazione delle MTD contenuta nella domanda di AIA e le verifiche condotte in sede autorizzativa devono essere basate su informazioni messe in comune tra Autorità competente e Gestore.

   In particolare, l'Autorità competente formulerà le proprie indicazioni autorizzative, anche al fine di tenere conto di particolari specifiche esigenze ambientali locali, sulla base di conoscenze in possesso della pubblica amministrazione, relative al contesto ambientale, rese accessibili al Gestore, tenuto conto delle informazioni fornite dal Gestore stesso relative allo stato del sito (così come definito dalla vigente normativa ambientale) e agli effetti significativi sul contesto ambientale.

6. *Sostenibilità dell'applicazione delle Migliori Tecniche disponibili* - La corretta applicazione delle disposizioni della direttiva 96/61/CE non deve penalizzare il tessuto produttivo. In linea

generale essa deve essere diretta ad ottenere da ciascun impianto le migliori prestazioni ambientali, senza con ciò compromettere insostenibilmente, anche dal punto di vista economico, i livelli produttivi del settore.

Nella valutazione delle varie tecniche, al fine di individuare le MTD, si deve tenere in considerazione la sostenibilità delle stesse, sia da un punto di vista tecnico che economico.

7. *Il concetto di livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso* - Obiettivo della direttiva 96/61/CE è quello di conseguire un livello elevato di protezione dell'ambiente nel suo complesso. La scelta delle tecniche e la determinazione dei relativi valori di riferimento a garanzia delle prestazioni ambientali deve pertanto essere coerente con tale obiettivo. Assume quindi particolare rilevanza la definizione del concetto di elevata protezione ambientale.
   A tal riguardo il riferimento minimo è rappresentato dalla normativa ambientale vigente.
   Un ulteriore riferimento è costituito dalla normativa che, alla luce delle decisioni assunte e pubblicate nelle competenti sedi comunitarie e internazionali, risulta essere di prossimo recepimento.

8. *Il principio di precauzione e prevenzione* - In considerazione del principio dell'approccio integrato di cui al punto 1, le prestazioni ambientali dovranno essere conseguite preferibilmente attraverso l'adozione di tecniche di processo piuttosto che attraverso l'adozione di tecniche di depurazione.

III . Criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

III. 1 - Criteri generali

La scelta delle migliori tecniche è compiuta dal Gestore proponente conformemente alle considerazioni generali di cui all'allegato IV del D.Lgs 372/99 e tenendo conto sia dell'analisi dei costi e dei benefici risultanti dall'applicazione delle MTD scelte sia del principio di precauzione e di prevenzione.
Il Gestore nella scelta delle MTD deve, per quanto possibile, osservare il contenuto delle Linee Guida specifiche emanate per i diversi settori di interesse.

In particolare si deve ritenere che le tecniche indicate quali possibili migliori tecniche disponibili nelle Linee Guida specifiche di settore abbiano superato il test di fattibilità economica con riferimento alla situazione media del settore stesso e pertanto esse, ove tecnologicamente applicabili, possano essere introdotte in condizioni economicamente sostenibili.
Il Gestore individua le migliori tecniche disponibili (MTD) attraverso la valutazione in forma sommaria, su base volontaria e nel rispetto della normativa vigente, delle principali alternative indicate nelle Linee Guida specifiche, ovvero individuando le tecniche tecnologicamente applicabili all'impianto che garantiscano, alla luce dell'allegato IV del D.Lgs 372/99, adeguate prestazioni ambientali nello specifico contesto territoriale.
Ove si possa configurare un dubbio inerente l'applicazione del principio di precauzione e prevenzione, e in particolare nel caso in cui il Gestore ritenga di non adottare tecniche di processo, scegliendo piuttosto di adottare tecniche di depurazione di elevata prestazione, dovrà fornire dettagliate valutazioni tecnico-economiche che giustifichino tale scelta.

III.2 Caso in cui il Gestore proponga tecniche diverse da quelle individuate nelle linee guida di settore

Nel caso in cui il Gestore ritenga opportuno valutare, tra le principali alternative, altre tecniche, diverse da quelle individuate nelle Linee Guida di settore, può proporre l'adozione di tecniche innovative disponibili che assicurino il raggiungimento di prestazioni ambientali pari o superiori a quelle raggiungibili con le tecniche indicate nelle Linee Guida specifiche di settore.
Il Gestore, in tale caso, producendo idonea documentazione, deve giustificare la propria scelta nel rispetto del principio di precauzione e prevenzione, tenendo conto dei costi e dei benefici che possono risultare dall'azione. Nel caso l'Autorità competente verifichi l'efficacia ambientale delle altre tecniche proposte dal Gestore, ne dà comunicazione alla Commissione di cui all'art. 3, comma 2 del D.Lgs. 372/99 al fine di procedere ad un eventuale aggiornamento delle Linee Guida di settore.
Il Gestore, fermi restando i criteri di cui all'allegato IV alla D.Lgs. 372/99, può altresì proporre tecniche, diverse da quelle individuate nelle Linee Guida di settore o nei documenti pubblicati dalla Commissione europea ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 2 della direttiva 96/61/CE, in presenza di fattori oggettivamente riscontrabili che evidenziano che la vita residua dell'impianto è in ogni caso di durata minore della durata dell'autorizzazione integrata ambientale. In tale caso il Gestore deve presentare un progetto specifico per la chiusura dell'impianto e il ripristino del sito. La conseguente

autorizzazione integrata ambientale definisce i tempi e le modalità della cessazione definitiva delle attività e del ripristino del sito, secondo quanto previsto dall'art. 3, comma 1, lettera f) del D.Lgs. 372/99.

III.3 Caso in cui l'Autorità competente intenda prescrivere specifiche prestazioni ambientali

In generale le prestazioni ambientali prescritte dall'Autorità competente si basano sulle MTD, senza introdurre l'obbligo di utilizzare una tecnica o una tecnologia specifica.
Peraltro, quando nell'area di localizzazione del impianto industriale siano presenti condizioni di criticità ambientale statuite dal complesso della normativa vigente, l'Autorità competente, può richiedere il raggiungimento di specifiche prestazioni ambientali realizzabili con tecniche, compatibili con i criteri generali delle presenti Linee Guida, diverse da quelle individuate dal Gestore quali MTD, collaborando con il Gestore per individuare eventuali percorsi alternativi in grado di raggiungere gli obiettivi ambientali.

III.4 Verifica della corretta individuazione delle migliori tecniche disponibili

Sulla base delle considerazioni fin qui riportate, è assicurata la coerenza tra l'individuazione delle MTD e le finalità del D.Lgs. 372/99 in presenza delle seguenti condizioni:

a) è garantito il rispetto della normativa nazionale e locale vigente nel contesto territoriale in cui è situato l'impianto;
b) sono individuate per lo specifico impianto con le modalità di cui ai punti III.1, III.2 e III.3, nel rispetto di tutti i principi richiamati al punto II , le MTD in grado di:
   - conseguire gli obiettivi della direttiva 96/61/CE richiamati al punto II.8,
   - garantire la coerenza con il contesto ambientale di riferimento,
   - essere in linea con gli obblighi nazionali, comunitari e internazionali di carattere ambientale,
   - essere applicabili all'impianto cui sono dirette,
   - essere sostenibili sotto il profilo economico;
c) le modalità di gestione dell'impianto proposte dal Gestore sono tali da garantire che i fenomeni di inquinamento non risultino significativi nel contesto in cui l'impianto è inserito;

d) è sufficientemente documentata l'azione svolta dal Gestore per assicurare l'uso efficiente dell'energia nell'impianto in esame;
e) il ciclo produttivo in esame previene e riduce la produzione dei rifiuti; in caso contrario è massimizzato il riuso, il riciclo e il recupero, incluso quello energetico, degli scarti di lavorazione;
f) il Gestore degli impianti adotta misure idonee ad evitare rischi di inquinamento al momento della cessazione delle attività e a garantire il ripristino ambientale dei siti eventualmente inquinati;
g) si fa riferimento alle grandezze fisiche e ai livelli di precisione delle misure più idonei a rappresentare i risultati raggiungibili con l'applicazione delle tecniche proposte;
h) sono specificati, in coerenza a quanto disposto dalla vigente normativa in materia ambientale, gli opportuni requisiti di controllo delle emissioni che individuano la metodologia, la frequenza di misurazione e la relativa procedura di valutazione, tenendo conto dei criteri contenuti nelle Linee Guida specifiche in materia di monitoraggio e quelle specifiche di settore, giustificando con analisi in termini di costi e di benefici eventuali diverse scelte;
i) sono previste misure relative alle condizioni diverse da quelle di normale esercizio, in particolare per le fasi di avvio e di arresto dell'impianto, per le emissioni fuggitive occasionali, per i malfunzionamenti e per l'arresto definitivo dell'impianto

III.5 Rilascio dell'Autorizzazione Integrata Ambientale

Sulla base dei criteri di cui sopra, l'autorizzazione integrata ambientale dà formalmente atto:
a) delle caratteristiche della situazione ambientale in cui l'impianto è collocato descritta dal proponente (quadro ambientale).
b) delle criticità emerse nel corso della previgente attività;
c) del quadro emissivo pregresso;
d) delle soluzioni impiantistiche e gestionali individuate dal proponente intese a contenere l'inquinamento sulle diverse matrici ambientali (quadro progettuale).
e) dei requisiti necessari per il controllo integrato dell'inquinamento; in particolare devono essere dettagliati la metodologia e le frequenze di misurazione, nonché le procedure per la relativa valutazione. Possono essere previste modalità di misura e controllo differenziate per verificare

che sia garantito il rispetto dei limiti nomativi esistenti, l'adeguamento alle MTD indicate nell'autorizzazione ed il rispetto delle altre eventuali prescrizioni impartite.

L'Autorità competente inoltre stabilisce le tempistiche dell'autocontrollo da parte del Gestore indicando le modalità con cui i dati relativi al controllo in possesso del Gestore devono essere resi accessibili all'Autorità competente.

L'Autorità competente rilascia l'autorizzazione motivando le eventuali ulteriori prescrizioni che dovessero rendersi necessarie avuto riguardo al quadro ambientale e alla situazione impiantistica proposta, ovvero, sulla base delle suddette motivazioni, nega il rilascio dell'autorizzazione richiedendo ulteriori integrazioni.

L'Autorità competente provvede al rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale che concerne l'impianto nel suo complesso ai sensi del combinato disposto dell'art. 2, comma 1, numeri 3 e 9 del D.Lgs. 372/99.

IPPC

(PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATE DELL'INQUINAMENTO)

DECRETO LEGISLATIVO 372/99 (art. 3, comma 2)

ELEMENTI PER L'EMANAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Sistemi di monitoraggio

INDICE DEL DOCUMENTO

A. PREMESSA

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC, limitatamente agli impianti esistenti), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.

Questo documento presenta la proposta del GTR "sistemi di monitoraggio", istituito il 4 giugno 2003 con la seguente composizione:

- ing. Alfredo Pini (APAT, coordinatore) e prof. Angelo Luciano (Università di Napoli, Federico II), designati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Paolo Bragatto (ISPESL), designato dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Cricchi e dottoressa Daniela Capaccioli, designati da Confindustria.

Ai lavori del GTR "sistemi di monitoraggio" hanno preso parte anche funzionari a supporto dei membri designati e, su invito dei membri del gruppo, esperti del settore. In particolare, ai lavori del GTR "sistemi di monitoraggio" hanno contribuito, a vario titolo:

- il dott. Eugenio Lanzi (ARPA Emilia Romagna) come esperto
- il dott. Mauro Rotatori (CNR) come esperto
- l'ing. Franco Ponzoni (ABB-SACE) come esperto
- la dott.ssa Loretta De Giorgi (CNR) come esperto
- l'ing. Antonino Letizia (APAT) come esperto e la sig.ra Anna De Luzi (APAT) per la segreteria del gruppo.

Nelle sue prime riunioni il GTR "sistemi di monitoraggio" (d'ora in poi semplicemente GTR) ha inteso delineare gli scopi e gli obiettivi del proprio lavoro che si possono così sintetizzare:

- gli elementi che il GTR propone alla Commissione Nazionale MTD hanno la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze nel settore, sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione;
- questo documento non contiene indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede;
- questo documento contiene invece gli elementi generali per la definizione del piano di monitoraggio e controllo dell'azienda mentre il lettore troverà gli elementi del monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici di ciascun settore nelle linee guida settoriali.

Nel seguito del testo si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techiniques Reference documents (BRefs)*. L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del ministero dell'Ambiente.
Per il settore del monitoraggio è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on the General Principles of Monitoring - July 2003" disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es.
Nei riferimenti al BRef, nel seguito questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).

Questo documento non intende presentare traduzioni della corrispondente linea guida comunitaria già emanata dall'ufficio IPPC di Siviglia. La disponibilità di quest'ultima linea guida, già in lingua italiana, ha consigliato al GTR di introdurre in questa proposta di linea guida nazionale solo una breve sintesi del BRef. Questo documento, invece, intende essere un lavoro di completamento, descrivendo le specificità italiane attraverso una panoramica degli aspetti di monitoraggio nella normativa ambientale vigente e proponendo al lettore alcuni elementi di approfondimento in materia di corretti principi di monitoraggio associabili agli specifici inquinanti di interesse per i settori IPPC.

Per orientare il lettore nella consultazione di questo volume, vale la pena anticiparne l'organizzazione ed i contenuti, ordinati come segue:

- nel capitolo B, una sintetica rassegna della normativa ambientale rilevante per la comprensione dei principi di monitoraggio;
- nel capitolo C, una ricognizione dei concetti di monitoraggio e della loro applicazione in Italia;
- nel capitolo D, la descrizione dei principi di monitoraggio elencati nel BRef comunitario;
- nel capitolo E, una descrizione del contenuto e finalità del piano di controllo di un impianto industriale;
- nel capitolo F, l'elencazione dei principi adottabili per il monitoraggio delle differenti matrici ambientali;
- nel capitolo G, la descrizione di tecniche di monitoraggio alternative e non trattate estensivamente nel BRef comunitario;
- nel capitolo H, l'elencazione delle MTD per la redazione ed esecuzione del piano di monitoraggio e controllo di un impianto industriale;
- un breve glossario a chiusura del documento.

Tutti i riferimenti normativi e legislativi contenuti nel seguito sono ovviamente aggiornati alla data di redazione della presente versione di linea guida (gennaio 2004).

B. IDENTIFICAZIONE DEGLI ASPETTI RILEVANTI DI MONITORAGGIO NELLA NORMATIVA AMBIENTALE

La ricognizione normativa proposta in questo paragrafo intende indirizzare il lettore verso le norme rilevanti della vigente legislazione ambientale, in relazione allo specifico tema dei sistemi di monitoraggio.

Prima di passare alla lettura dei quadri successivi è importante che il lettore comprenda come l'elenco che viene presentato nel seguito non ha alcuna pretesa di completezza né può essere adottato nei procedimenti autorizzativi come riferimento unico ed esauriente, tanto più che esso non comprende una parte di normativa, quella di genesi regionale, che comunque deve essere presa in considerazione e rispettata nell'esercizio delle attività soggette ad IPPC.

Monitoraggio degli inquinanti nelle emissioni in aria

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.P.R. n. 203 24 maggio 1988	Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 140 del 16 giugno 1988, S.O.).	
D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988)	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)	
D.M. 8 maggio 1989*	Limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione (GU n. 124, del 30 maggio 1989)	Il decreto oltre a stabilire i valori limite di emissione per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto e per le polveri, dei nuovi impianti di combustione, in relazione a ciascun tipo di combustibile, definisce le modalità di misurazione e di valutazione delle emissioni (allegato 10).
D.M. 12 luglio 1990	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.).	Il decreto stabilisce in particolare per gli impianti esistenti (ossia impianti funzionanti, oppure costruiti e autorizzati, ma non ancora funzionanti, alla data del 1° luglio 1989): a) i valori di emissione per differenti sostanze inquinanti (allegato 1). Se non indicato diversamente, tali valori di emissione, rimanendo valide le condizioni di flusso fissate, rappresentano valori minimi; in tali casi il valore massimo di emissione è uguale al doppio del valore indicato (art. 3, comma 10) b) i valori di emissione, diversi e preminenti rispetto ai corrispondenti dell'allegato 1, per alcuni degli inquinanti emessi da specifiche tipologie di impianti(allegato 2). Per quelle sostanze non espressamente indicate in allegato 2 restano validi i valori in allegato 1. c) i valori di emissione e altre prescrizioni per il monitoraggio degli inquinanti generati da impianti di combustione con potenza termica nominale pari o superiore a 50 MW, da raffinerie e da impianti per la coltivazione di idrocarburi e dei fluidi geotermici (allegato 3). Per tali attività industriali, si applicano esclusivamente i valori di emissione e le prescrizioni riportate in allegato 3 (art. 2, comma 4) d) i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni (allegato 4) e) i criteri per l'utilizzazione delle tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni (allegato 5) f) indicazioni di tipo organizzativo e di manutenzione per evitare le emissioni diffuse (allegato 6 e 7) In particolare, nell' art. 3 viene indicato cosa tener presente nel calcolare i valori di emissione. Le Regioni possono fissare i valori limite di emissione ai sensi dell'art. 4, lettera d) del Dpr 24 maggio 19888, n. 203, tenendo conto delle presenti linee guida fissate dallo Stato e dei relativi valori di emissione (oltre che in base alle MTD).

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.M. 12 luglio 1990	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.).	In assenza di determinazioni regionali, non deve comunque essere superato il più elevato dei valori di emissione definiti nelle linee guida. I valori limite di emissione non si applicano durante i periodi di avviamento e di arresto degli impianti e in caso di guasto grave (art.3, comma 14). Ai sensi dell'allegato 4, le misurazioni possono essere effettuate con metodi discontinui, tenendo presente che i valori limite di emissione si riferiscono ad un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di esercizio più gravose. Tuttavia, l'autorità competente può prescrivere un monitoraggio in continuo per l'ossigeno, ossidi di zolfo, ossidi di azoto e polveri. Per gli impianti con potenza termica nominale superiore ai 300 MW, per le medesime sostanze, il monitoraggio in continuo è obbligatorio. Nel caso di misure in continuo, i valori limite di emissione sono misurati come media delle concentrazioni orarie rilevate durante l'effettivo funzionamento dell'impianto nell'arco di 24 ore. Negli impianti di combustione con potenza termica nominale superiore a 50 MW i valori di emissione di ossidi di zolfo, ossidi di azoto, polveri e monossido di carbonio sono calcolati come valori medi mensili riferiti alle ore di effettivo funzionamento dell'impianto. I principi di misura previsti per il monitoraggio in continuo di polveri, CO, NOx, SOx e ossigeno sono indicati nella tabella A, allegato 3. Alle misure di emissione effettuate sia con metodi discontinui che con metodi continui automatici devono essere associati i valori delle grandezze più significative dell'impianto, atte a caratterizzarne lo stato di funzionamento, ai fini di una corretta interpretazione dei dati (ad esempio: produzione di vapore, carico generato, assorbimento elettrico dei filtri di captazione, ecc.). Resta inoltre da sottolineare che, ai sensi dell'articolo 4, comma 5 del DM 12/07/90, la valutazione dei valori di sostanze inquinanti presenti nelle emissioni deve essere effettuata considerando il valore medio dei risultati ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati secondo le indicazioni del manuale **UNICHIM n. 158/88**
D.M 21 dicembre 1995	Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali (G.U. n. 5dell'8 gennaio 1996)	Il decreto indica come realizzare e gestire il controllo in continuo delle emissioni, come effettuare la valutazione dei dati analitici e fa chiarezza sulla tipologia degli analizzatori che si devono impiegare, ribadendo la necessità di utilizzare apparecchiature di affidabilità riconosciuta, provviste di certificazione CENIA o di altri Enti di certificazione esteri riconosciuti.
D. M. 25 agosto 2000	Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203. (G.U. n. 223 del 23 settembre 2000, S.O.)	Integra e sostituisce i metodi riportati nell'Allegato 4 del DM 12 luglio 1990 per la determinazione con metodi manuali delle emissioni in flussi gassosi convogliati di: • ossidi di zolfo e ossidi di azoto (allegato 1) • composti inorganici del cloro e del fluoro sotto forma di gas e vapore espressi rispettivamente come HCl e HF (allegato 2) • idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (allegato 3) • composti organici volatili (allegato 4 e 5)
DPCM 8 marzo 2002	Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione. (Gazzetta ufficiale 12 marzo 2002 n. 60)	Gli impianti di potenza termica nominale, per singolo focolare, pari o superiore a 6 MW, devono essere dotati di rilevatori della temperatura nei gas effluenti nonché di un analizzatore per la misurazione e la registrazione in continuo dell'ossigeno libero e del monossido di carbonio (art. 5, comma 1)

*Si ricorda che sono in fase di recepimento la Direttiva 2001/80/CE riguardante la limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione e la Direttiva 2001/81/CE riguardante i limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici.

Monitoraggio degli inquinanti nelle emissioni in acqua

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.Lgs. n. 152 11 maggio 1999	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (G.U. n. 124 del 29 maggio 1999, S.O.) *Il testo aggiornato, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto 18 agosto 2000, n. 258 è pubblicato nel S.O. 172/ L alla G.U. n. 246 del 20 ottobre 2000)*	Gli scarichi di acque reflue industriali devono rispettare le prescrizioni e i limiti fissati in allegato 5, oppure quelli fissati dalle Regioni ai sensi dell'art. 28 comma 2. Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore. La tabella 3/A dell'allegato 5 prevede invece per le medie mensili un prelievo quotidiano di un campione rappresentativo degli scarichi effettuati nel giro di 24 ore e la misurazione della concentrazione della sostanza in esame e la misura del flusso totale degli scarichi nello stesso arco di tempo. La quantità di sostanza scaricata nel corso di un mese si calcola sommando la quantità scaricata ogni giorno nel corso del mese. In generale la misurazione degli scarichi si deve effettuare subito a monte del punto di immissione in tutte le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, nonché in fognature, sul suolo e nel sottosuolo. Fanno eccezione le acque reflue industriali contenenti le sostanze della tabella 5 dell'allegato 5, per le quali il punto di misurazione dello scarico deve essere subito dopo l'uscita dallo stabilimento o dall'impianto di trattamento che serve lo stabilimento medesimo. L'allegato 5, paragrafo 4 del testo aggiornato del D.Lgs. 152/99, circa i metodi analitici di riferimento, rimanda, per le procedure di controllo, campionamento e misura, alla normativa in essere prima della propria entrata in vigore , ossia al D.Lgs. n. 133 del 27/01/1992 e al L. n. 319 del 10/05/1976 (abrogate dal D.Lgs. 152/99). La Legge n. 319 prevede che le metodiche analitiche e di campionamento da impiegarsi nella determinazione dei parametri siano quelle descritte nei volumi "Metodi analitici per le acque" pubblicate dall'Istituto di Ricerca sulle Acque, CNR, Roma e successivi aggiornamenti".
D.Lgs. n. 258 18 agosto 2000	Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128 (Gazzetta Ufficiale n. 218 del 18 settembre 2000, S.O.)	
D.Lgs. n. 133 27 gennaio1992	Attuazione delle direttive 76/464/CEE, 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 88/347/CEE e 90/415/CEE in materia di scarichi industriali di sostanze pericolose nelle acque (GU 19 febbraio 1992, n. 41, S.O)	Riporta indicazioni circa le metodiche di analisi per il mercurio, cadmio, esaclorocicloesano, tetracloruro di carbonio, DDT, pentaclorofenolo, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, esaclobenzene, esaclorobutadiene, cloroformio, 1,2-dicloroetano, tricloroetilene, percloroetilene.
D.M. n.185 12 giugno 2003	Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 19 n. 152 GU n. 169 del 23-7-200399)	Stabilisce le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue domestiche, urbane ed industriali attraverso la regolamentazione delle destinazioni d'uso e dei relativi requisiti di qualità, ai fini della tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche. Non disciplina il riutilizzo di acque reflue presso il medesimo stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte.

Monitoraggio dell'inquinamento acustico

Riferimento normativo*	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.P.C.M. 1° marzo 1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991).	Nell'allegato A sono dettate apposite definizioni tecniche e nell'allegato B sono determinate le tecniche di rilevamento e di misura dell'inquinamento acustico.
L. n. 447 26 ottobre 1995	Legge quadro sull'inquinamento acustico (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995, S.O.).	Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.
D.M. 11 dicembre 1996	Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo (G.U. n. 52 del 4 marzo 1997)	Impone agli impianti a ciclo produttivo continuo il criterio differenziale (di cui all'art. 2, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 1 marzo 1991), secondo il quale la differenza tra il livello di rumore ambientale (Leq (A)) e quello del rumore residuo non deve essere superiore a 5 dB(A) di giorno e a 3 dB(A) di notte.
D.P.C.M. 14 novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 1° dicembre 1997)	Stabilisce valori limite, diurni (06.00-22.00) e notturni (22.00-06.00), di emissione e di immissione (assoluti e differenziali), i valori di attenzione e i valori di qualità delle sorgenti sonore riferiti alle 6 classi di destinazione d'uso del territorio riportate nella tabella A allegata al decreto.
D.M 16 marzo 1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U. n. 76 del 1° aprile 1998)	Definisce le caratteristiche della strumentazione di misura (art. 2), le norme tecniche per l'esecuzione delle misure (allegato B) e le modalità di presentazione dei risultati delle misure (allegato D). In particolare, il sistema di misura deve essere scelto in modo da soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Nel caso di utilizzo di segnali registrati prima e dopo le misure deve essere registrato anche un segnale di calibrazione. La catena di registrazione deve avere una risposta in frequenza conforme a quella richiesta per la classe 1 dalla EN 60651/1994 ed una dinamica adeguata al fenomeno in esame. L'uso del registratore deve essere dichiarato nel rapporto di misura. I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995. I calibratori devono essere conformi alle norme CEI 29-4. La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942:1988. Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni, effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0,5 dB. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione devono essere registrati.

* Innovazioni nella normativa nazionale saranno introdotte dal recepimento della Direttiva 2002/49/CE, previsto entro il 18 luglio 2004. In particolare la Direttiva 2002/49/CE fornisce una base per lo sviluppo di descrittori acustici comuni e di metodi unitari di determinazione del rumore generato dalle principali sorgenti , tra cui attrezzature industriali. L'allegato I alla direttiva definisce i descrittori acustici suddividendoli in Lden (livello giorno-sera-notte) e Lnight (descrittore del rumore notturno); i relativi metodi provvisori di calcolo e misura sono indicati nell'allegato II , per i quali sono citate le seguenti norme:

- ISO 8297 (1994) "Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method"
- EN ISO 3744 "Acustica. Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora. Metodo tecnico progettuale in un campo essenzialmente libero su un piano riflettente"
- EN ISO 3746 "Acustica - Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora - Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente"
- ISO 1996-1 (1982) "Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Basic quantities and procedures"
- ISO 1996-2 (1987) "Acoustics - Description and measurement of environmental noise -Acquisition of data pertinent to land use"
- ISO 9613-2 "Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors - General method of calculation

I metodi di calcolo sono stati aggiornati, secondo quanto previsto nel punto 2.2 dell'allegato II della direttiva 2002/49/CE, dalla Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 (2003/613/CE) concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale,degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità.

Monitoraggio di rifiuti

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D. lgs. N. 22 5 febbraio. 1997	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).	Con l'emanazione del decreto Ronchi sono stati assunti nuovi criteri per la gestione dei rifiuti al fine di ridurre la produzione di rifiuti, incentivarne il recupero ed il riciclaggio, di favorire l'impiego dei materiali recuperati, il mercato dei rifiuti e l'utilizzo dei rifiuti come fonte di energia. **Classificazione** In particolare, il decreto classifica i rifiuti in: rifiuti urbani e rifiuti speciali, e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi. (Con il decreto Ronchi è entrato in uso il CER - Codice Europeo dei Rifiuti. I codici CER introdotti dal Ronchi, sono stati a partire dal 1 gennaio 2002 sostituiti da nuovi codici introdotti dalle decisioni: DECISIONE 2001/573/CE; DECISIONE 2001/119/CE; DECISIONE 2001/118/CE; DECISIONE 2000/532/CE)). **Catasto** Ai sensi dell'articolo 11 comma 3, chiunque effettua a titolo professionale attività di raccolta e di trasporto di rifiuti, compresi i commercianti e gli intermediari di rifiuti, ovvero svolge le operazioni di recupero e di smaltimento dei rifiuti, nonché le imprese e gli enti che producono rifiuti pericolosi e le imprese e gli enti che producono rifiuti non pericolosi [derivanti da lavorazioni industriali ed artigianali] di cui all'articolo 7, comma 3, lettere c), d) e g), sono tenuti a comunicare annualmente, con le modalità previste dalla legge 25 gennaio 1994, n. 70 (MUD), le quantità e le caratteristiche qualitative dei rifiuti oggetto delle predette attività. **Registri di carico e scarico** I soggetti di cui all'articolo 11, comma 3, hanno l' obbligo di tenere un registro di carico e scarico su cui devono annotare informazioni sulle caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti, da utilizzare ai fini della comunicazione annuale al Catasto. Le annotazioni devono essere effettuate: a) per i produttori almeno entro una settimana dalla produzione del rifiuto e dallo scarico del medesimo; b) per i soggetti che effettuano la raccolta e il trasporto almeno entro una settimana dalla effettuazione del trasporto; c) per i commercianti e gli intermediari almeno entro una settimana dalla effettuazione della transazione relativa; d) per i soggetti che effettuano le operazioni di recupero e di smaltimento entro ventiquattro ore dalla presa in carico dei rifiuti. Il registro tenuto dagli stabilimenti e dalle imprese che svolgono attività di smaltimento e di recupero di rifiuti deve, inoltre, contenere: a) l'origine, la quantità, le caratteristiche e la destinazione specifica dei rifiuti; b) la data del carico e dello scarico dei rifiuti ed il mezzo di trasporto utilizzato; c) il metodo di trattamento impiegato. **Trasporto dei rifiuti** L'articolo 15 prevede che durante il trasporto, effettuato da enti o imprese, i rifiuti siano accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare, in particolare, i seguenti dati: a) nome ed indirizzo del produttore e del detentore; b) origine, tipologia e quantità del rifiuto; c) impianto di destinazione; d) data e percorso dell'istradamento; e) nome ed indirizzo del destinatario. Tale formulario deve essere redatto in quattro esemplari, compilato, datato e firmato dal detentore dei rifiuti, e controfirmato dal trasportatore. Una copia del formulario deve rimanere presso il detentore, e le altre tre, controfirmate e datate in arrivo dal destinatario, sono acquisite una dal destinatario e due dal trasportatore, che provvede a trasmetterne una al detentore. Le copie del formulario devono essere conservate per cinque anni. Inoltre i rifiuti pericolosi, durante la raccolta ed il trasporto, devono essere imballati ed etichettati in conformità alle norme vigenti in materia **Obblighi dei produttori e degli utilizzatori degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio** L'articolo 38 definisce gli obblighi dei produttori e degli utilizzatori degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio in quanto responsabili della loro corretta gestione ambientale. Nell'allegato E sono indicati gli obiettivi di recupero e di riciclaggio dei rifiuti di imballaggio mentre l'allegato F fissa i requisiti essenziali concernenti la composizione e la riutilizzabilità e la recuperabilità (in particolare la riciclabilità) degli imballaggi.

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.M. n. 503 19 novembre 1997	Attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari (G.U. n. 23 del 29 gennaio 1998,)	Stabilisce i valori limite di emissione nell'effluente gassoso e i metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti generati dagli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari. Inoltre indica quali sono le norme tecniche e i criteri generali relativi alle caratteristiche costruttive e funzionali di tali impianti. In particolare, negli allegai 1 e 2 sono previste **misure in continuo** nell'effluente gassoso di: concentrazioni di CO, polveri, SOx, NOx, COV, composti inorganici del cloro (espressi come HCl) e del fluoro (espressi come HF; le misuraz. possono essere periodiche se l'impianto adotta sistemi di trattamento dell'HCl che ne determinano il rispetto del limite), tenore volumetrico di ossigeno, tenore di vapore acqueo, portata volumetrica, temperatura e pressione. Durante il periodo di effettivo funzionamento dell'impianto, comprese le fasi di avvio e di spegnimento dei forni ed esclusi i periodi di arresti o guasti , tutti i valori medi orari e giornalieri di tali inquinanti non devono superare, contemporaneamente, i relativi limiti. La frequenza delle misurazioni periodiche viene stabilita dalle regioni e dalle province autonome competenti e deve essere al massimo annuale. I metodi di valutazione della rispondenza delle misurazioni ai valori limite di emissione, nonché i metodi di campionamento e analisi sono quelli indicati nel DM 12/07/1990, e successive modifiche e integrazioni.
D.M. 5 febbraio 1998	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 88 del 16 aprile 1998, S.O.)	Negli allegati I e II sono definite le norme tecniche generali per il recupero di materia e di energia dai rifiuti non pericolosi. Per ciascun tipo di rifiuto, sono fissate le attività e i metodi di recupero degli stessi e le condizioni specifiche in base alle quali l'esercizio di tali attività è sottoposto alle procedure semplificate di cui all'articolo 33, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modifiche e integrazioni. In particolare, sono stabiliti i valori limite e i metodi di misura e calcolo per gli inquinanti presenti nelle emissioni convogliate in atmosfera generate dalle specifiche attività di recupero. Relativamente al recupero di materia sono previsti test di cessione che devono essere eseguiti secondo le procedure previste in allegato 3 al presente decreto. L'articolo 6 definisce le condizioni di messa a riserva dei rifiuti non pericolosi individuati e destinati ad una delle attività comprese negli allegati 1 e 2. L'articolo 7 indica quali sono le quantità massime annue di rifiuti impiegabili nelle attività di recupero disciplinate dal presente decreto. **Campionamento e analisi** L'articolo 8 stabilisce che: • Il campionamento dei rifiuti ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica deve essere effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri elaborati dal CNR-IRSA quaderno 64, metodi analitici sui fanghi, volume 3 del gennaio 1985, in quanto applicabili. • Le analisi su detti campioni, ai fini della caratterizzazione del rifiuto, devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale. • Le analisi suddette devono essere effettuate almeno ad ogni inizio di attività e, successivamente, ogni due anni e, comunque, ogni volta che intervengano delle modifiche sostanziali nel processo di recupero dei rifiuti.
DM n.124 25 febb. 2000	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi. (G. U. n. 114del 18 maggio 2000)	Disciplina i valori limite di emissione e i metodi di campionamento, di analisi e di valutazione degli inquinanti derivanti dagli impianti di incenerimento dei rifiuti pericolosi. Inoltre, definisce i criteri e le norme tecniche generali riguardanti le caratteristiche costruttive e funzionali, nonché le condizioni di esercizio degli suddetti. In particolare: • Negli allegati 1 e 2 sono previste **misure in continuo** nell'effluente gassoso delle concentrazioni di CO, polveri, SOx, NOx, COV, composti inorganici del cloro (espressi come HCl) e del fluoro (espressi come HF; le misuraz. possono essere periodiche se l'impianto adotta sistemi di trattamento dell'HCl che ne determinano il rispetto del limite), nonché del tenore volumetrico di ossigeno, tenore di vapore acqueo, portata volumetrica, temperatura e pressione.

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
DM n.124 25 feb. 2000	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi. (G. U. n. 114del 18 maggio 2000)	Durante il periodo di effettivo funzionamento dell'impianto, comprese le fasi di avvio e di spegnimento dei forni ed esclusi i periodi di arresti o guasti , tutti i valori medi semiorari e giornalieri di tali inquinanti non devono superare, contemporaneamente, i relativi limiti. Per le misurazioni periodiche è invece indicata una frequenza semestrale (bimestrale nei primi 12 mesi di funzionamento). I metodi di valutazione della rispondenza delle misurazioni periodiche ai valori limite nonché i metodi di campionamento e analisi delle emissioni sono quelli indicati nel DM 12/07/1990, e successive modifiche e integrazioni. • L'allegato 3 si riferisce agli impianti di coincenerimento di oli usati, stabilendo: o i valori limite e i relativi metodi di campionamento e misura per determinati parametri caratteristici degli oli usati e delle miscele oleose ammessi a coincenerimento; o i valori limite di emissione in atmosfera per talune sostanze, **misure in continuo** della % di ossigeno, CO e della temperatura dell'effluente gassoso.
Decreto n. 161 12 giugno 2002	Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate (G.U. n. 177 del 30 luglio 2002)	L'allegato 1 definisce, in attesa dell'emanazione delle linee guida di cui all'articolo 3, comma 2, le norme tecniche generali per il recupero di materia dai rifiuti pericolosi. Per ciascun tipo di rifiuto, sono fissate le attività e i metodi di recupero degli stessi e le condizioni specifiche in base alle quali l'esercizio di tali attività è sottoposto alle procedure semplificate di cui all'articolo 33, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modifiche e integrazioni. In particolare, sono stabiliti i valori limite e i metodi di misura e calcolo per gli inquinanti presenti nelle emissioni convogliate in atmosfera generate dalle specifiche attività di recupero. **Campionamento e analisi dei rifiuti** L'art. 7 stabilisce che: • Il campionamento dei rifiuti, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, deve essere effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo la norma UNI 10802, "Campionamento, analisi, metodiche standard - Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati". • Le analisi sui campioni di cui al comma 1, ai fini della caratterizzazione del rifiuto, devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale. • Il campionamento e le analisi di cui ai commi 1 e 2 devono essere effettuate a cura del titolare dell'impianto ove i rifiuti sono prodotti almeno in occasione del primo conferimento all'impianto di recupero e, successivamente, ogni dodici mesi e, comunque, ogni volta che intervengano delle modifiche sostanziali nel processo di produzione. • Il titolare dell'impianto di recupero e' tenuto a verificare la conformità del rifiuto conferito alle prescrizioni ed alle condizioni di esercizio stabilite dal presente regolamento per la specifica attività svolta. • Il campionamento, l'analisi e la valutazione delle emissioni in atmosfera devono essere effettuate secondo quanto previsto nei decreti emanati e da emanarsi ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203 (ossia DM 12/07/1990), e successive modificazioni. Per i sistemi di monitoraggio in continuo delle emissioni si applica quanto previsto dal decreto del Ministro dell'ambiente del 21 dicembre 1995. In allegato 2 sono individuate le quantità di rifiuti pericolosi impiegabili nelle diverse operazioni di recupero ammesse a procedura semplificata. Le condizioni e le norme tecniche per la messa a riserva dei rifiuti pericolosi individuati nell'allegato 1 sono specificate nell'art. 4 e allegato 3.

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D. Lgs. n.209 22 maggio 1999	Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (G.U. n. 151 del 30 giugno 1999)	Il decreto disciplina lo smaltimento di PCB usati e la decontaminazione e lo smaltimento dei PCB e degli apparecchi contenenti PCB, ai fini della loro completa eliminazione. I detentori devono consegnare i PCB usati, i PCB e gli apparecchi contenenti PCB ad imprese autorizzate ad effettuare le operazioni di decontaminazione o di smaltimento ai sensi degli articoli 27 e 28 del D.Lgs 22/97, e successive modificazioni ed integrazioni. Il detentore, prima della consegna dei PCB, dei PCB usati e degli apparecchi contenenti PCB ad un'impresa autorizzata, consegna che deve risultare dal formulario di trasporto di cui all'art. 15 del D.Lgs 22/97, deve garantire che siano osservate le condizioni di massima sicurezza, ed in particolare che siano prese tutte le misure necessarie per evitare rischi di incendio. In ogni caso i PCB, i PCB usati e gli apparecchi contenenti PCB devono essere tenuti isolati da qualsiasi prodotto infiammabile. Le imprese che effettuano la decontaminazione o lo smaltimento di PCB, di apparecchi contenenti PCB e di PCB usati sono soggette all'obbligo del registro di carico e scarico. In particolare, dal registro carico e scarico e dal formulario, devono risultare le quantità, l'origine, la natura e la concentrazione di PCB e di PCB usati. I trasformatori contenenti più dello 0,05% in peso di PCB devono essere decontaminati alle seguenti condizioni: a) la decontaminazione deve ridurre il tenore di PCB ad un valore inferiore allo 0,05% in peso e, possibilmente, non superiore allo 0,005% in peso; b) il fluido sostitutivo non contenente PCB deve comportare rischi nettamente inferiori, anche sotto l'aspetto dell'incendio e dell'esplosione; c) la sostituzione del fluido non deve compromettere il successivo smaltimento dei PCB. Lo smaltimento dei PCB e dei PCB usati deve essere effettuato mediante incenerimento, nel rispetto delle disposizioni della direttiva 94/67/CE del Consiglio dell'Unione europea del 16 dicembre 1994, che disciplina l'incenerimento dei rifiuti pericolosi, e quindi del DM n.124 del 25 febbraio 2000. Inoltre, è vietato: la separazione dei PCB dalle altre sostanze a scopi di recupero e riutilizzo dei PCB medesimi; il riempimento dei trasformatori con PCB; lo smaltimento in discarica di PCB e di PCB usati, ad eccezione di quanto previsto dall'articolo 2, comma 1, lettera f); l'incenerimento dei PCB o dei PBC usati sulle navi. Fatto salvo quanto previsto dall'articolo 9 del D.Lgs 22/97, e successive modificazioni ed integrazioni, è vietata la miscelazione dei PCB e dei PCB usati con altre sostanze o fluidi. Negli allegati 1 e 2 sono indicate rispettivamente le modalità di etichettatura degli apparecchi contenenti PCB per un volume superiore a 5 dm^3 e le modalità di etichettatura dei trasformatori decontaminati.
DM 11 ottobre 2001	Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento (GU n. 255 del 2 novembre 2001)	Il decreto definisce le condizioni sia per l'utilizzo che per la decontaminazione dei trasformatori contenenti PCB. Con riferimento alle determinazioni analitiche del contenuto di PCB, considerato che con la decisione 2001/68/CE della Commissione, del 16 gennaio 2001 sono stati definiti i metodi di misura di riferimento per la determinazione analitica dei PCB, l'art.3 stabilisce che queste devono essere effettuate utilizzando le seguenti metodiche di riferimento: • la norma europea EN 12766-1 "Determinazione dei PCB e prodotti correlati - Separazione e determinazione di cogeneri dei PCB mediante gascromatografia (GC) con rivelatore a cattura di elettroni (ECD)" e la proposta di norma europea prEN 12766-2 "Determinazione dei PCB e prodotti correlati - Parte 2: Calcolo del contenuto di policlorobifenili", per la determinazione del contenuto di PCB nei prodotti derivati dal petrolio e negli oli usati; • la norma IEC 61619 "Liquidi isolanti - Contaminazione da policlorobifenili (PCB) - Metodo di determinazione mediante gascromatografia con colonna capillare" per la determinazione del contenuto di PCB nei liquidi isolanti.

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti al monitoraggio
D.Lgs. n. 36 13 gen. 2003	Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti (G.U. n. 59 del 12 marzo 2003)	Ai sensi dell'articolo 4, vi sono tre categorie di discarica: a. discarica per rifiuti inerti b. discarica per rifiuti non pericolosi c. discarica per rifiuti pericolosi. L'art. 6 definisce quali sono i rifiuti che non possono essere smaltiti in discarica mentre l'art. 7 quelli ammessi. Il gestore della discarica è tenuto: ad accertare, se previsto, che i rifiuti siano accompagnati dal formulario di identificazione di cui all'articolo 15 del decreto legislativo n. 22 del 1997 e, se previsti, i documenti di cui al regolamento (CEE) n. 259/93 del Consiglio, del 1 febbraio 1993, relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità europea; a verificare che in base alle caratteristiche indicate nel formulario di identificazione il rifiuto può essere conferito in discarica; ad effettuare l'ispezione visiva di ogni carico di rifiuti conferiti in discarica prima e dopo lo scarico e verificare la conformità del rifiuto alle caratteristiche indicate nel formulario; ad annotare nel registro di carico e scarico dei rifiuti tutte le tipologie e le informazioni relative alle caratteristiche e ai quantitativi dei rifiuti depositati, con l'indicazione dell'origine e della data di consegna da parte del detentore, secondo le modalità previste dall'articolo 12, comma 1, lettera d), e comma 2, del decreto legislativo n. 22 del 1997 e nel caso di deposito di rifiuti pericolosi, il registro deve contenere apposita documentazione o mappatura atta ad individuare, con riferimento alla provenienza ed alla allocazione, il settore della discarica dove é smaltito il rifiuto pericoloso; ad effettuare le verifiche analitiche della conformità del rifiuto conferito ai criteri di ammissibilità, come indicato all'articolo 10, comma 1, lettera g), con cadenza stabilita dall'autorità territorialmente competente e, comunque, con frequenza non superiore ad un anno. I campioni prelevati devono essere opportunamente conservati presso l'impianto a disposizione dell'autorità territorialmente competente per un periodo non inferiore a due mesi. I rifiuti pericolosi devono essere depositati in appositi settori, celle o trincee della discarica, individuati con apposita segnaletica dalla quale devono risultare i tipi e le caratteristiche di pericolo dei rifiuti smaltiti in ciascuno dei citati settori, celle o trincee.
D.M. 13 marzo 2003	Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica (G.U. n. 67 del 21-3-2003)	Il produttore di rifiuti è tenuto ad effettuare la caratterizzazione di base di ciascuna categoria di rifiuti regolarmente prodotti, che consiste nella determinazione delle caratteristiche dei rifiuti, realizzata con la raccolta di tutte le informazioni necessarie per uno smaltimento finale in condizioni di sicurezza. Tale caratterizzazione deve essere effettuata in corrispondenza del primo conferimento e ripetuta ad ogni variazione significativa del processo che origina i rifiuti. Il gestore e' tenuto a verificare la conformità ai criteri di ammissibilità per una categoria di discarica sulla base dei dati forniti dal produttore in fase di caratterizzazione ad ogni variazione del processo di produzione del rifiuto e comunque almeno una volta l'anno. Per le partite di rifiuti non generati regolarmente, o quando si sospetti una contaminazione, i rifiuti devono essere sottoposti a specifiche analisi. L'articolo 2, 3 e 4 stabiliscono i requisiti di ammissibilità in discarica rispettivamente dei rifiuti inerti, dei rifiuti non pericolosi e dei rifiuti pericolosi; l'art. 5 definisce invece i criteri per il deposito sotterraneo. **Campionamento e analisi dei rifiuti** L'allegato 2 indica, in particolare con riferimento alle analisi degli eluati e dei rifiuti, che: • il campionamento dei rifiuti ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica deve essere effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati"; • per le determinazioni analitiche devono essere adottati metodi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale; • le prove di cessione per i parametri previsti dalle tabelle 1, 6 e 7 devono essere effettuate secondo la metodica per i rifiuti granulari di cui all'Appendice B della norma UNI 10802; • le analisi degli eluati per i parametri previsti dalla norma UNI 10802, devono essere effettuate secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard dell'Appendice B alla norma per rifiuti granulari.

Emissioni diffuse

Nell'ambito delle emissioni in atmosfera, le emissioni diffuse hanno acquisito dignità tecnica e rilevanza pari ed equivalente a quella delle emissioni convogliate.
Ogni impianto che per l'esercizio della propria attività deve inoltrare domanda all'autorità competente per l'ottenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale non potrà esimersi, nella propria gestione ambientale integrata, dal tenere in grande considerazione il rilevante contributo delle emissioni diffuse, pianificando per esse l'impegno di risorse adeguate per identificarle, monitorarle, quantificarle e ridurle. Appartengono alle emissioni diffuse anche le cosiddette emissioni fuggitive.
Le emissioni diffuse e le emissioni fuggitive sono definite nel modo seguente.

Emissioni diffuse: le emissione causate dal contatto diretto di un materiale volatile o leggermente polveroso con l'ambiente in condizioni o operazioni normali.
Le emissioni diffuse possono essere puntuali, lineari, superficiali o di volume. Esempi di emissioni diffuse possono essere le emissioni che si hanno durante lo stoccaggio di superfici solide all'aria aperta, o durante le operazioni di trasporto di materiale.
Emissioni fuggitive: le emissioni fuggitive sono le emissioni che si hanno nell'ambiente in seguito ad una graduale perdita di tenuta di un componente, progettato per contenere un fluido (liquido o gassoso). Esempi di emissioni fuggitive sono le perdite da flangie, pompe, compressori, etc.

Le emissioni fuggitive sono, quindi, un sotto-tipo delle emissioni diffuse. Per tutte e due le categorie la caratteristica fondamentale è che esse, solitamente, non sono oggetto di limiti di emissioni specifici (non essendo canalizzate e dunque misurabili direttamente) ma piuttosto di prescrizioni tecniche finalizzate alla loro prevenzione e minimizzazione.
Il lettore interessato a conoscere le pratiche operative per la prevenzione e minimizzazione delle emissioni diffuse potrà trovare maggiori informazioni nelle linee guida per l'individuazione delle MTD valide per ciascun specifico settore industriale interessato ad IPPC e nel BRef "monitoraggio" edito dalla UE.

C. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

Nell'accezione d'interesse per il presente documento, con il termine monitoraggio si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica. Esso si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

Spesso il termine monitoraggio viene adoperato in connessione con quello di controllo che ha invece un significato diverso, rappresentando il complesso di azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento o per determinare irregolarità.
Il controllo, secondo la dottrina giuridica, costituisce una forma di verifica della conformità di un dato oggetto (impianto, apparato, attività, prodotto) ad un paradigma normativo predeterminato. Può essere svolto in forma *preventiva*, anticipando la realizzazione dell'oggetto e valutandone anticipatamente i requisiti sulla base del progetto, o in forma *successiva*, una volta che l'oggetto è stato posto in opera.

Non sfugge al lettore come non possa esserci (o comunque sia abbastanza difficile) azione di controllo senza un'opportuna azione di monitoraggio. Questo giustifica la consuetudine di unire il due termini a rappresentare l'insieme delle procedure e delle tecniche che consentono, per un verso, di mantenere una conoscenza continua e d'insieme sull'evoluzione dei parametri ambientali di rilievo per l'esercizio di un impianto e, per altro verso, di costituire la base informativa per l'azione di verifica di conformità alle normative ambientali vigenti. È evidente quindi che lo stesso monitoraggio trova nel confronto con prescrizioni fissate, siano esse operative e finalizzate all'esercizio corretto degli impianti ovvero normative e finalizzate al contenimento degli effetti inquinanti, la sua principale ragion d'essere.

In ambito comunitario l'attività di monitoraggio e controllo ambientale rappresenta **il cardine dell'azione amministrativa di autorizzazione**. Per la Unione Europea l'imposizione dell'autorizzazione comporta l'obbligo della pubblica amministrazione di effettuare un controllo preventivo e successivamente all'eventuale rilascio dell'autorizzazione, ulteriori controlli onde verificare il rispetto delle prescrizioni e condizioni imposte.

La più recente legislazione ambientale ha finalmente compreso la natura complessa ed il valore strategico dei controlli, come completamento del regime amministrativo al quale sono sottoposte le attività e gli impianti a rilevanza ambientale (cfr. art. 49, comma 1, d.lgs. 152/1999, ovvero art. 9 del decreto legislativo 372/1999).

Viene così affermato che i controlli devono essere attuati in esecuzione di un programma di azione, cioè devono essere proiettati in un congruo spazio temporale, secondo i seguenti criteri operativi specifici:
periodicità (i controlli, per essere efficaci, devono avere una loro ripetitività, che consenta il monitoraggio dell'attività e la valutazione della evoluzione nel tempo dei suoi effetti ambientali, non meno che della rispondenza ai requisiti prescritti dalla legge);

diffusione (i controlli devono essere effettuati nell'intero ambito di competenza della pubblica autorità, così che i c.d. controlli a campione costituiscano solo una misura occasionale, non sostitutiva di una totale copertura del settore produttivo o della matrice ambientale di riferimento, mentre dovranno essere privilegiate forme sistematiche di controllo per categorie produttive e per tipologie di attività);
effettività (i controlli di natura solo "cartolare", sulla documentazione in possesso dell'interessato, e quelli tendenti ad accertare esclusivamente inadempimenti formali, non risultano dotati del requisito della incidenza sui comportamenti e sulla capacità dell'amministrazione di accertare le reali disfunzioni o patologie; in questa prospettiva, la predisposizione di studi di settore, in grado di valutare bilanci di materia e flussi di massa, potrebbero manifestare la loro utilità ed efficacia);
imparzialità (secondo il costante insegnamento della Corte Costituzionale, si viola in principio di eguaglianza, non solo assumendo comportamenti discriminatori - ad es. effettuando controlli minuziosi e defatiganti solo nei confronti di alcuni soggetti - ma anche concentrando la potenza prescrittiva e sanzionatoria attribuita dalla legge su alcuni operatori e trascurando di fatto la valutazione di tutti i soggetti obbligati).

In estrema sintesi, la più recente dottrina ha definito questa nuova definizione normativa dei controlli come transizione da una funzione "*venatoria*", finalizzata cioè alla cattura di una "preda" (l'inquinatore, l'abusivo), ad una funzione "*conoscitiva*", volta cioè alla integrale acquisizione di tutti gli elementi fattuali che possono consentire un'azione amministrativa mirata e consapevole (raccolta delle conoscenze necessarie in materia di sorgenti inquinanti, delle caratteristiche qualitative e quantitative delle emissioni inquinanti, la loro diffusione e persistenza nelle diverse matrici ambientali, ecc.).

Il decreto legislativo 372/99, in particolare, stabilisce che l'autorizzazione integrata ambientale contiene gli opportuni requisiti di controllo delle emissioni, specificando la metodologia e la frequenza di misurazione, nonché la relativa procedura di valutazione, in conformità a quanto disposto dalla vigente normativa in materia ambientale, nonché infine l'obbligo di comunicare all'autorità competente i dati necessari per verificarne la conformità alle condizioni di autorizzazione ambientale integrata.

Il Gestore dell'impianto, nel richiedere l'autorizzazione integrata ambientale, deve presentare idonea documentazione progettuale relativa alla definizione di un **piano di monitoraggio e controllo** delle emissioni del proprio impianto e di ogni altra caratteristica d'impianto rilevante ai fini della prevenzione e del controllo ambientale.

Un siffatto piano di monitoraggio, che è **l'oggetto centrale della presente linea guida**, potrà essere la base su cui l'autorità competente, nel rilasciare l'autorizzazione integrata ambientale, definirà un piano di autocontrollo da parte dell'Azienda, circostanza che consentirà, peraltro, di alleggerire i requisiti di ispezione da parte dell'organo di controllo.

L'articolo 9 del decreto legislativo 372/99 introduce infatti il concetto di ispezioni che l'autorità competente, anche tramite le agenzie regionali o provinciali per la protezione dell'ambiente, può disporre al fine della valutazione della conformità dell'impianto alle prescrizioni dell'autorizzazione (comma 2), così come introduce il concetto di controllo periodico (comma 3) degli impianti soggetti all'applicazione della direttiva IPPC, assegnato esplicitamente alle agenzie stesse.

Quest'ultima parte del controllo non può che essere basata, sostanzialmente, sulla definizione di un piano efficace di autocontrollo e di reporting da parte dell'azienda e sulla capacità, da parte dell'organo di controllo, di verificare sistematicamente l'attuazione di tale piano.

D. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

Descrizione del "BRef Monitoring"

Le informazioni contenute nel BRef monitoring sono rivolte agli estensori dell'autorizzazione IPPC ed ai gestori degli impianti di interesse IPPC; a questi ultimi fornisce informazioni utili ai fini dell'individuazione degli obblighi relativi al monitoraggio delle emissioni industriali alla fonte.
I punti fondamentali che gli estensori delle autorizzazioni dovranno considerare nel predisporre il piano di monitoraggio ottimale sono i seguenti.
"Perché" monitorare. Ci sono due principali ragioni per cui il monitoraggio fa parte dei requisiti IPPC: (1) per la valutazione di conformità e (2) per il rapporto ambientale delle emissioni industriali. I dati di monitoraggio possono essere usati anche per altre ragioni e per altri obiettivi; in caso di molteplici finalità, i costi legati all'acquisizione dei dati di monitoraggio risultano maggiormente giustificati. In ogni caso è importante che gli obiettivi del monitoraggio siano chiari a tutte le parti coinvolte.
"Chi" realizza il monitoraggio. La responsabilità del monitoraggio è generalmente divisa tra autorità competenti e gestori, benché di solito le prime facciano affidamento in gran misura sull'*auto-controllo* a cura del gestore e/o di società terze contraenti. E' molto importante a questo proposito che le responsabilità di monitoraggio siano chiaramente assegnate alle parti rilevanti (gestori, autorità e società terze contraenti), in modo da raggiungere una chiara definizione e una diffusa consapevolezza dell'attribuzione di doveri e responsabilità, e che tutte le parti interessate abbiano i requisiti di qualità appropriati.
"Cosa" e "Come" monitorare. La scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nell'impianto; sarebbe inoltre vantaggioso che i parametri scelti servissero anche per il controllo delle condizioni operative dell'impianto. Per associare ogni livello di rischio potenziale di danno ambientale ad un appropriato regime di monitoraggio, può essere utilizzato un approccio basato sul concetto di rischio; i principali elementi da valutare a questo proposito sono la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze (es. danno ambientale).
Come esprimere i valori limite di emissione e i risultati del monitoraggio. La modalità con cui i VLE, o parametri ad essi equivalenti, sono espressi dipende dagli obiettivi del monitoraggio delle emissioni. Le unità di misura con cui esprimere tali valori sono molteplici: ad esempio possono essere usati valori di concentrazione, di portate, unità di misura specifiche o fattori di emissione. Le unità di misura scelte, in ogni caso, dovrebbero essere chiaramente definite, preferibilmente riconosciute a livello internazionale e adatte ai relativi parametri, applicazioni e contesti.
Considerazioni sui tempi di monitoraggio. Per stabilire i requisiti del monitoraggio ai fini delle autorizzazioni è importante considerare l'aspetto legato ai tempi, includendo in tale valutazione il tempo di campionamento e/o di misura, il tempo medio e la frequenza di campionamento.
I tempi di monitoraggio devono essere stabiliti in relazione al tipo di processo e alla tipologia delle emissioni; essi inoltre dovrebbero essere tali da consentire di ottenere

dati significativi e confrontabili con i dati di altri impianti. Ogni requisito temporale dei valori limite di emissione, insieme al regime di monitoraggio associato, dovrà essere definito in modo chiaro ed esplicito nell'autorizzazione, per evitare ambiguità.
Come trattare i dati incerti. Quando lo scopo del monitoraggio è la valutazione di conformità, è particolarmente importante conoscere il grado di incertezza della misura durante l'intero processo di monitoraggio. I dati incerti devono essere stimati e riportati insieme ai risultati certi così da poter effettuare la valutazione di conformità in modo completo.
Requisiti del monitoraggio da inserire insieme ai valori limite nelle autorizzazioni. Questi requisiti devono comprendere tutti i principali aspetti dei valori limite di emissione. I punti da tenere in considerazione a tal fine riguardano i seguenti aspetti.

- Stato normativo e applicazioni in materia di monitoraggio e controllo
- Inquinanti o parametri soggetti a limiti
- Ubicazione dei campionamenti e delle misure
- Tempistica richiesta per campionamenti e misure
- Accettabilità dei limiti rispetto ai metodi di misura disponibili
- Approccio generale alle tecniche di monitoraggio e controllo disponibili per le principali necessità
- Dettagli tecnici per particolari metodi di misura
- Disposizioni per monitoraggio e controllo "in proprio" (*self monitoring*)
- Condizioni operative sotto cui si effettua il monitoraggio
- Procedure di valutazione di conformità
- Modalità di comunicazione
- Garanzia di qualità e requisiti di controllo (QA/QC)
- Valutazione e comunicazione per emissioni eccezionali

La procedura di ottenimento dei dati di monitoraggio è costituita da diverse fasi consecutive che, al fine di assicurare risultati omogenei e di buona qualità, devono rispettare sia particolari standard sia regole specifiche. I passaggi da eseguire per la produzione dei dati sono elencati di seguito.

- Misura di flusso
- Campionamento
- Stoccaggio, trasporto e conservazione dei campioni
- Trattamento dei campioni
- Analisi dei campioni
- Elaborazione dei dati
- Relazione

I valori delle misurazioni e dei dati di monitoraggio dipendono dal grado di affidabilità dei risultati e dalla loro confrontabilità, vale a dire dalla loro validità se comparati con i risultati relativi ad altri impianti; perciò entrambe le caratteristiche di affidabilità e di confrontabilità devono essere garantite e verificate. Per un confronto appropriato è opportuno che i dati siano accompagnati da tutte le informazioni necessarie e che dati rilevati in condizioni differenti non siano confrontati direttamente, ma vengano sottoposti ad ulteriori rielaborazioni.

Le emissioni totali di un complesso o di un'unità sono costituite oltre che da quelle che normalmente fuoriescono da camini e condotti, anche da quelle diffuse, fuggitive ed eccezionali ed è pertanto raccomandabile che le autorizzazioni IPPC includano prescrizioni per monitorare adeguatamente anche questo tipo di emissioni.
I progressi fatti nella riduzione delle emissioni da camino hanno comportato una maggiore attenzione verso le altre emissioni, come le diffuse e le fuggitive, che possono causare danni alla salute o all'ambiente ed incidere sull'economia dell'impianto. Analogamente è aumentata l'importanza delle emissioni eccezionali, che si classificano in funzione della prevedibilità o imprevedibilità delle condizioni che le determinano.

Il trattamento dei valori sotto il limite di rilevabilità e di quelli anomali (*outliers*) può influire sulla comparabilità e richiede un accordo operativo. Nel BREf comunitario sono presentati cinque differenti modi di trattamento dei valori al di sotto del limite di rilevabilità, nessuno dei quali però è stato individuato come migliore opzione. I valori anomali sono generalmente identificati attraverso un giudizio esperto sulla base di test statistici (come per esempio il test Dixon) e sulla base di altre considerazioni, come l'uso di modelli di emissione anomala specifici del caso.

Nel Capitolo 5 sono presentate in modo dettagliato diverse modalità di monitoraggio di un parametro; si tratta dei seguenti metodi.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Bilanci di massa
- Calcoli
- Fattori di emissione

Un metodo che coinvolge misure dirette, vale a dire la determinazione del quantitativo specifico dei composti emessi alla fonte, è in generale più semplice ma non necessariamente più accurato. Nei casi in cui questo metodo risulta complesso, costoso e/o impraticabile occorre prendere in considerazione gli altri metodi esistenti e tra essi scegliere il più adatto; in questi casi occorre inoltre dimostrare e documentare le relazioni esistenti tra il metodo scelto ed il parametro di interesse.
L'accettabilità di un metodo è di diretta responsabilità dell'autorità competente e la relativa validazione deve essere compiuta in funzione degli obiettivi, dei requisiti normativi, della disponibilità di mezzi e di conoscenze.
Le tecniche di monitoraggio per misure dirette si suddividono in due tipologie, continue e discontinue. Le prime presentano il vantaggio di fornire un maggior numero di dati puntuali, ma possono avere alcuni svantaggi, poiché comportano costi più elevati e non sono convenienti nei casi di processi stabili; l'accuratezza degli analizzatori di processo on-line, inoltre, può essere inferiore a quella delle misure di laboratorio. Nel BRef sono presentati tutti gli aspetti da valutare nei casi in cui si effettua un monitoraggio in continuo.

L'uso di parametri sostitutivi può offrire molti vantaggi, tra i quali un migliore rapporto costi-benefici, la riduzione della complessità ed un maggior numero di dati; a fronte di questi aspetti positivi possono insorgere alcuni svantaggi, come la necessità di tarare tali

parametri mediante misure dirette; l'applicabilità ad una sola parte delle emissioni e la non validità dal punto di vista legale.
I bilanci di massa consistono nella individuazione delle entrate, delle uscite, degli accumuli, e della generazione (o scomparsa) della sostanza in esame: l'emissione nell'ambiente sarà il risultato del bilancio, che di solito è un valore molto piccolo ottenuto come differenza di valori elevati. Per questo motivo i bilanci di massa sono applicabili in pratica soltanto quando possono essere determinate in modo accurato le entrate, le uscite e le incertezze.
Per quanto riguarda l'applicazione di calcoli per la stima delle emissioni occorre sottolineare la necessità di avere dati di ingresso dettagliati; questo metodo è in genere più complesso e più dispendioso in termini di tempo rispetto all'utilizzo dei fattori di emissione, ma essendo basato sulle condizioni specifiche d'impianto, fornisce stime più accurate. In ogni stima delle emissioni, i fattori di emissione richiedono un esame ed un'approvazione preventiva da parte delle autorità.

Le valutazioni di conformità generalmente comportano una comparazione statistica tra le misure o statistiche riassuntive derivate dalle stesse, le relative incertezze e i valori limite di emissione, o requisiti equivalenti. Non tutte le valutazioni comportano una comparazione numerica, alcune, per esempio, possono semplicemente implicare il controllo della conformità di una condizione.
Il valore misurato può essere quindi confrontato con il limite, tenendo in considerazione l'incertezza associata alle misure, e classificato sulla base di tale confronto come conforme, prossimo al limite di conformità o non conforme.

La relazione sui risultati del monitoraggio e controllo comprende il riassunto e la presentazione in modo efficace dei risultati del monitoraggio, delle informazioni relative e dei dati di conformità; gli aspetti da tenere in considerazione sono le richieste da parte del pubblico di accesso ai dati, le responsabilità di produzione dei rapporti, le categorie dei dati, gli obiettivi e la qualità delle relazioni, aspetti normativi della trasmissione dei dati e considerazioni qualitative.
Un ulteriore aspetto di cui occorre tenere conto durante le fasi di monitoraggio e controllo è quello economico, effettuando quando possibile l'ottimizzazione dei costi. Il rapporto costi-benefici del monitoraggio può essere migliorato selezionando requisiti di qualità appropriati, ottimizzando il numero di parametri e la frequenza di monitoraggio, integrando il monitoraggio di routine con studi specifici.

Disponibilità del "BRef monitoring" in lingua italiana

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) promuove un gruppo di lavoro che comprende i rappresentanti delle Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA, APPA) e che opera per il coordinamento delle attività che il sistema delle agenzie ambientali, nel suo complesso, svolge per l'attuazione in Italia della Direttiva 96/61/CE e del decreto legislativo nazionale 372 del 1999, che recepisce la Direttiva IPPC in Italia.

Il gruppo di lavoro APAT-ARPA-APPA su IPPC ha nominato una delegazione che ha preso parte ai lavori del Technical Working Group (TWG), presso l'ufficio IPPC della

Comunità Europea con sede a Siviglia. Il TWG, costituito con le delegazioni tecniche di tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea, ha compilato il "Bref monitoring" (Documento di Riferimento sui Principi Generali del Monitoraggio), in lingua inglese, nell'ambito della serie di documenti tecnici che l'Unione Europea produce per l'attuazione della Direttiva IPPC.

Il gruppo di lavoro APAT-ARPA-APPA su IPPC ha inteso, successivamente, tradurre ed adattare il testo inglese in lingua italiana, producendo un lavoro che, pur con l'importanza di essere scritto interamente in lingua italiana, non impegna in alcun modo l'ufficio IPPC di Siviglia che ha prodotto il documento originale in lingua inglese.

La traduzione del BRef monitoring è disponibile presso l'APAT.

E. IL PIANO DI CONTROLLO DELL'IMPIANTO ED IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI

Piano di controllo dell'impianto

Con riferimento ed in coerenza con quanto riportato nel BRef comunitario, il piano di controllo di un impianto che ricade nel campo di applicazione della normativa IPPC, è definibile come "*l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto o di uno stabilimento, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella/e autorizzazione/i*".

Le sue finalità primarie sono quindi:

- la valutazione di conformità rispetto ai limiti emissivi prescritti;
- la raccolta dei dati ambientali richiesti dalla normativa IPPC e da altre normative europee e nazionali nell'ambito delle periodiche comunicazioni alle autorità competenti.

Tuttavia i dati di monitoraggio possono essere utilizzati anche per altre importanti finalità, quali:

- la comunicazione ambientale richiesta dagli strumenti volontari di certificazione e registrazione (ISO 14001/EMAS) o
- la contabilizzazione delle emissioni richiesta dalla vigente normativa in materia di tasse ambientale sulle emissioni o dalla regolamentazione dello scambio di quote di emissioni (ad es. trading di emissioni di CO_2).

Il controllo di un impianto rispondente ai requisiti della normativa IPPC, sia con riferimento a quanto riportato nel BRef comunitario, sia a quanto indicato dalla raccomandazione 331/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 4 aprile 2001, che stabilisce i criteri minimi per le ispezioni ambientali negli Stati membri, è quindi un aspetto fondamentale del più ampio processo di progettazione:

- di un nuovo impianto;
- dell'adeguamento di un impianto alle prescrizioni della normativa IPPC;
- dell'eventuale rinnovo dell'AIA alla scadenza naturale o per richiesta dell'Autorità competente;
- di una variante sostanziale;
- della sua chiusura.

Nel corso della progettazione che porterà alla domanda di autorizzazione integrata ambientale (AIA) per uno dei casi sopra richiamati, saranno quindi identificati e

dimensionati gli impatti significativi dell'impianto che richiederanno di essere regolamentati nell'AIA, rispetto alle fasi di:

- realizzazione/adeguamento dell'impianto;
- esercizio in condizioni operative normali;
- eventi causati da malfunzionamenti, ecc…

Il risultato di questo lavoro di analisi sarà sintetizzato nella componente della domanda di AIA denominata "**piano di controllo dell'impianto**" che prenderà in considerazione le due fasi che seguono il suo rilascio:

- la verifica della costruzione o dell'adeguamento dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA;

- il controllo dell'impianto costruito o dopo gli adeguamenti in:
    - condizioni operative normali;
    - condizioni operative anomale.

Verifica dell'adeguamento dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA

Questa fase, certamente presente per un nuovo impianto, per una variante sostanziale, per il rinnovo dell'AIA su richiesta dell'Autorità competente e per la chiusura dell'impianto, può essere anche assente per un impianto esistente se il progetto dimostra che esso ha già adottato delle BAT che gli consentono di avere prestazioni ambientali in linea con quelle indicate dal rispettivo BREF e congruenti con le condizioni locali in cui opera.

La fase riguarda quindi le azioni che dovranno essere effettuate sull'impianto per costruirlo o adeguarlo alle prescrizioni contenute nell'AIA e che riguarderanno in generale le componenti tecniche e gestionali ivi compreso il controllo delle emissioni.

Dal punto di vista dell'Autorità competente questo si tradurrà in un certo numero e tipologia di ispezioni dipendenti dall'entità e dalla durata della costruzione o degli interventi di adeguamento previsti nel progetto presentato dal gestore dell'impianto.

Nel caso degli adeguamenti, essi possono riguardare in termini tecnologici solo alcune parti dell'impianto e/o prevedere specifici interventi gestionali.

Per questo sarà il gestore dell'impianto che proporrà un appropriato piano di visite da eseguirsi da parte dell'Autorità di Controllo specificando per ogni visita:

- il suo scopo;
- la sua durata espressa in ore/uomo;
- gli eventuali campionamenti ed analisi.

Il risultato di questa fase del piano di controllo sarà quella di consentire all'impianto di passare alle condizioni "a regime" previste nell'AIA. Per queste ultime condizioni, dunque, il piano di controllo dell'impianto comprenderà due parti principali: i controlli a carico del gestore (attraverso il Sistema di Monitoraggio delle Emissioni, SME) e quelli a carico dell'Autorità pubblica di controllo.

Il Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME)

Il sistema di monitoraggio delle emissioni (SME) è la componente principale del piano di controllo dell'impianto e quindi del più complessivo sistema di gestione ambientale di un'attività IPPC che **sotto la responsabilità del gestore d'impianto** assicura, nelle diverse fasi della vita di un impianto, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente.

Costituiscono il SME le strutture e i dispositivi di misura, gli strumenti di calcolo e stima, le registrazioni periodiche dei dati, le risorse umane dedicate alle attività di monitoraggio, l'organizzazione preposta alle attività di monitoraggio e le procedure che definiscono le modalità e le responsabilità assegnate per il corretto funzionamento del sistema.

Il SME di un'attività IPPC deve assicurare un efficiente monitoraggio delle emissioni che sia conforme alla normativa applicabile per l'attività in esame, che sia commisurato alla significatività degli aspetti ambientali e che non implichi costi eccessivi per il gestore dell'attività stessa. Per poter rispondere a tali requisiti, il SME deve tenere conto degli aspetti ambientali dello specifico caso di attività IPPC cui esso è riferito.

Progettazione del SME

Tenuto conto della necessità che lo SME supporti tutte le fasi e le componenti del piano di controllo, sia quelle di competenza del gestore dell'impianto sia quelle attribuite all'Autorità Competente, per la sua progettazione è opportuno procedere secondo le seguenti fasi:

1. Identificazione dei parametri da monitorare.

   In effetti i parametri da monitorare da parte di una specifica attività IPPC dipendono:

   - dalle particolari caratteristiche delle materie prime e dalle risorse naturali utilizzate, dalle caratteristiche dei processi utilizzati per l'attività, dalle caratteristiche dei prodotti dell'attività
   - dalle caratteristiche dell'ambiente circostante il sito di ubicazione dell'attività stessa
   - dai limiti normativi alle emissioni
   - dall'entità delle specifiche emissioni anche in relazione ai suddetti limiti.

Gli elementi elencati contribuiscono ad identificare gli aspetti ambientali significativi dell'attività per i quali è richiesto assicurare l'adeguato monitoraggio.

Pertanto la prima fase dell'attività di progettazione dello SME è costituita da una sistematica analisi degli elementi caratteristici dell'attività in modo da circoscrivere il monitoraggio a quei parametri che sono effettivamente significativi e da adottare gli strumenti di monitoraggio più appropriati per gli specifici parametri.

Si ritiene infatti inutile e controproducente l'adozione di sistemi di monitoraggio estesi indiscriminatamente a tutti i parametri che non farebbero altro che complicare la gestione operativa, disperdere le risorse e distogliere l'attenzione da quei parametri che necessitano invece di essere sistematicamente controllati.

2. Come effettuare il monitoraggio e con quali strumenti.

Fermo restando che le modalità di effettuazione del monitoraggio su alcune emissioni, in particolare quelle in atmosfera, sono prescritte da alcune normative (ad es. grandi impianti di combustione) in termini generali il SME di una attività IPPC di elevata dimensione e complessità potrà essere costituita dalla combinazione più appropriata di:

- misure dirette in continuo
- misure dirette discontinue (periodiche e sistematiche)
- calcoli sulla base dei parametri operativi
- calcoli sulla base di fattori di emissione

per alcune tipologie di emissioni, ad esempio le emissioni diffuse e fuggitive, le misure saranno di norma basate su calcoli, per le emissioni convogliate verranno proposte dal gestore dell'attività le opzioni più appropriate sulla base dei criteri di cui al punto 1 e delle indicazioni del BRef comunitario.

Attuazione e gestione di un SME

Le attività IPPC dovranno assicurare che il SME proposto ed autorizzato con l'AIA sia correttamente attuato. A tal fine dovranno essere predisposte da parte del "gestore" le necessarie procedure di attuazione e dovranno essere adottati gli standard di misura e di calcolo in essa previsti.

Fatte salve le eventuali componenti del piano di controllo attribuite all'Autorità Competente, l'attuazione e la gestione del SME potrà essere svolta direttamente dal gestore dell'attività o commissionata a operatori terzi qualificati.

Controllo dell'impianto in esercizio

Questa componente del piano di controllo dell'impianto è finalizzata a verificare, **sotto la responsabilità dell'Autorità di controllo**, la conformità dell'impianto alla prescrizioni contenute nell'AIA, con cadenza relazionata alla sua complessità ed al correlato rischio di impatto ambientale nelle diverse condizioni di esercizio, e deve prevedere su base annuale:

- gli autocontrolli di competenza del gestore dell'impianto;
- le eventuali visite periodiche da parte dell'Autorità di controllo;
- la verifica di conformità dell'impianto.

Per quanto riguarda l'Autorità di controllo, facendo riferimento ai criteri generali indicati nella già citata Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio n. 331 del 4 aprile 2001, che stabilisce i criteri minimi per le ispezioni ambientali negli Stati membri, le azioni che si possono ritenere comprese in una visita sono le seguenti:

- esame della documentazione disponibile e preparazione della visita;
- visita in loco con:
  - esame del piano di autocontrolli effettuati direttamente del gestore dell'impianto o per loro conto,
  - controllo dei pertinenti registri tenuti dai gestori dell'Impianto;
  - controlli sul ciclo produttivo e le pertinenti attrezzature (materie prime, ciclo dell'acqua, energia, compresa l'idoneità della manutenzione e della gestione ambientale del sito);
- campionamenti se previsti;
- analisi e misure;
- valutazione esito del controllo;
- relazione per l'Autorità Competente;
- conservazione dati in data base.

Le visite attribuite all'autorità di controllo vanno dimensionate mediante la combinazione di due fattori che ne definiscono la durata e la frequenza.

Durata e frequenza delle visite

La durata della visita dipende principalmente dalla complessità dell'impianto da ispezionare ed è determinata dalla numerosità e tipologia delle sorgenti emissive e dalle loro caratteristiche qualitative e quantitative.

In linea generale si può indicare che la durata delle visite è direttamente correlata alla complessità dell'impianto, come individuata nel corso della valutazione della domanda di AIA.

La frequenza delle visite cui l'impianto deve essere sottoposto, per consentire la verifica della sua conformità alle prescrizioni contenute nell'AIA, è invece determinata in base al rischio potenziale che l'impianto può arrecare all'ambiente ed agli effetti prodotti.

Il già citato BRef comunitario per individuare la frequenza del piano di monitoraggio dell'impianto che deve essere implementata nello SME ha scelto i seguenti indicatori.

- Probabilità di superamento dei valori di emissione prescritti (ELV)
- Numero sorgenti emissive
- Stabilità del processo produttivo
- Sistemi di abbattimento dei reflui
- Trattamento delle emissioni in caso di superamento degli ELV
- Carico massimo di emissioni
- Conseguenze sull'ambiente
- Durata di un guasto
- Effetti acuti
- Ubicazione
- Diluizione

Sulla base di detti indicatoti si può determinare di regime di monitoraggio dell'impianto:

- occasionale (ad esempio 1/mese, 1/anno);
- regolare e frequente (ad esempio 1-3/giorno, 1/settimana);
- regolare e frequente (ad esempio 1-3/giorno, 1/settimana) con accuratezza elevata;
- intensivo (ad esempio in continuo o alta frequenza);

e, di conseguenza, sia le caratteristiche generali del Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME) di cui l'impianto dovrà essere dotato, sia il numero di visite ispettive attribuite alla Autorità competente per i controlli.

Verifica della conformità dell'impianto

Sulla base:

- dei dati degli autocontrolli trasmessi dal gestore dell'impianto;
- dei dati rilevati direttamente nell'ambito del piano di controllo;
- dei risultati delle ispezioni effettuate;

l'Autorità Competente, applicando i criteri contenuti nell'AIA, procede alla verifica della conformità dell'impianto alle prescrizioni in essa contenute.
L'Autorità Competente, redige un dettagliato rapporto con gli esiti della verifica, provvede alle conseguenti registrazioni sul proprio sistema informativo ambientale (se esistente) ed, in caso di non conformità, decide quali azioni intraprendere per risolvere la situazione.

F. PRINCIPI DEL MONITORAGGIO APPLICATI AI SETTORI IPPC

Principi del monitoraggio degli inquinanti nelle emissioni in aria

Negli anni si è sviluppata una prolifica attività legislativa che, attraverso Decreti, Delibere e altre disposizioni legislative di carattere sia Nazionale che locale, ha portato alla definizione di criteri di controllo delle emissioni, specifici per ogni tipologia di impianto.
Il D.P.R. 203/88 - "*Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*"-, recependo le direttive comunitarie, stabilisce i limiti di emissione per gli impianti industriali, i limiti e i valori guida per la qualità dell'aria, e i relativi metodi di campionamento, analisi e valutazione.
In tale provvedimento è richiesta la valutazione delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali in modo discontinuo nel tempo. Questa metodologia di verifica, tuttora utilizzata per la maggior parte degli impianti industriali, è stata sostituita, per alcuni di essi e limitatamente ad alcuni inquinanti, dal controllo in continuo.

Introduzione normativa alla problematica del monitoraggio in continuo

Il D.M. 08/05/89 – *"Limitazioni delle emissioni in atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione"* – e, in termini più generali il D.M. 12/07/90 – *"Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione"* – stabiliscono una classificazione degli impianti per tipologia di emissione, imponendo per alcuni di essi il monitoraggio in continuo limitatamente alla misura delle concentrazioni di biossido di zolfo, ossidi di azoto, polveri ed ossigeno. In particolare:

- inceneritori di rifiuti
- impianti di combustione di potenza termica nominale superiore a 300 MW
- raffinerie di oli minerali (limitatamente alla presenza di impianti di combustione di potenza termica nominale superiore a 300 MW).

Per tutti gli altri impianti è discrezione delle Autorità locali preposte al controllo, stabilire la necessità di effettuare il controllo continuo delle emissioni, in dipendenza della tipologia di impianto e dell'attività svolta.
In seguito, sono stati emessi provvedimenti specifici per gli inceneritori:
Il D.M. 503 del 19/01/1997 - *"Regolamento recante norme per l'attuazione delle direttive CEE 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi nonché di taluni rifiuti sanitari"* - è relativo agli inceneritori di rifiuti urbani e non pericolosi.
Il D.M. 124 del 25/02/00 – *"Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva*

94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, e dell'articolo 18, comma 2, lettera a), del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22" – è relativo agli impianti di incenerimento e coincenerimento di rifiuti pericolosi, con particolare riferimento agli oli usati.
Entrambi i provvedimenti hanno mantenuto inalterato il principio del controllo continuo delle emissioni.
Infine, con il D.M. 21/12/1995 – *"Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali"* – vengono definite le modalità e le procedure per il controllo continuo delle emissioni.
In particolare, tutti gli impianti che debbano ottemperare all'obbligo del controllo in continuo delle emissioni, in base ai provvedimenti sopra riportati e a provvedimenti di carattere locale, devono disporre di un Sistema di Monitoraggio in Continuo delle Emissioni (SMCE), in grado di verificare i livelli di emissione, mediante l'acquisizione in campo dei dati in modo continuo, senza alcun presidio ed in tutte le condizioni ambientali.
L'Esercente soggetto a tali vincoli deve controllare la quantità di inquinanti dispersi nell'atmosfera e questo richiede misure corrette e controlli appropriati degli effluenti gassosi, ed è sua responsabilità predisporre un sistema di monitoraggio che abbia proprietà rispondenti a tali finalità, e che sia conforme alla normativa vigente sia per quanto riguarda l'analisi degli effluenti che per l'elaborazione e la valutazione dei dati.

Allestire un Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni, significa disporre di analizzatori con requisiti tali da soddisfare quanto richiesto nella normativa di riferimento, di adeguati sistemi di campionamento, nonché di sistemi di acquisizione, elaborazione e memorizzazione dei dati rispondenti a quanto riportato nel D.M. 21/12/1995.
La definizione di un siffatto sistema richiede l'analisi di diversi aspetti, caratteristici di ogni singola realtà industriale, di seguito brevemente descritti.

Inquadramento normativo

L'adeguata ricognizione dello scenario legislativo di riferimento rappresenta un passo fondamentale verso la definizione di uno SMCE.
Leggi nazionali, autorizzazioni specifiche e particolari norme di carattere locale fanno si che ogni sistema di monitoraggio si differenzi dagli altri in base ai parametri da monitorare, ai range di misura, ai valori limite e alle modalità di rispetto di tali valori.

Sistema di analisi

Lo studio del sistema di analisi coinvolge l'intero sistema, dal prelievo del campione alla valutazione analitica. Esso implica la corretta determinazione della sezione e del punto di prelievo, del sistema di prelievo del campione e del suo pretrattamento.
Fondamentale è poi la scelta degli analizzatori, certificati da Enti nazionali (ex CENIA) o esteri (ad es. TUV) riconosciuti, basati su principi di misura corretti che introducano margini di errore minimi e comunque valutabili. Tali apparecchiature devono inoltre avere tempi e modi di manutenzione tali da non incidere in maniera significativa sul regolare funzionamento dell'intero sistema.

Qualità dei dati

Definire adeguatamente le modalità di acquisizione dei dati e l'associazione di questi con i valori di stato provenienti sia dagli strumenti che dal sistema di controllo

dell'impianto, ne garantisce la qualità e l'affidabilità, allo scopo di disporre del più ampio sottoinsieme di dati validi.

Software di acquisizione ed elaborazione dati

Il software di acquisizione ed elaborazione dei dati oltre ad integrarsi correttamente con il sistema informativo di impianto, deve soddisfare le esigenze dei diversi fruitori dei dati ma soprattutto, deve compiere, nel rispetto della normativa vigente, le corrette elaborazioni e compensazioni, con tempi adeguati e nelle diverse condizioni.

E' inoltre possibile implementare algoritmi mediante i quali generare valori di back-up, nell'eventuale indisponibilità o malfunzionamento di uno o più analizzatori o del sistema di trasmissione dati.

Il software di gestione dello SMCE, e in particolare i dati da esso prodotti, costituiscono, oltre che uno strumento per il confronto con le disposizioni di legge, un valido aiuto per la gestione e la supervisione dell'impianto.

Un sistema complesso come quello per il monitoraggio in continuo delle emissioni richiede la formalizzazione di un manuale operativo, nel quale siano descritte le procedure di gestione dell'intero sistema.

A partire dalle procedure di manutenzione, programmata e straordinaria, passando per quelle di calibrazione strumentale, per l'esecuzione delle verifiche periodiche del sistema, per la diffusione esterna ed interna dei dati, tutte vanno standardizzate e riportate in un manuale, facilmente consultabile e comprensibile, da parte di chiunque la cui attività sia connessa con la gestione e/o la manutenzione dello SMCE.

Verifiche in campo

La verifica annuale del buon funzionamento dello SMCE, mediante confronto con analizzatori di riferimento, necessita di un approccio multiplo; la verifica del buono funzionamento degli analizzatori viene eseguita mediante prove di linearità, la verifica del sistema di acquisizione mediante l'analisi dei segnali, mentre l'efficienza dell'intero sistema viene valutata mediante l'Indice di Accuratezza Relativo (IAR).

Il rispetto delle procedure e delle tempistiche di verifica permette di pianificare ed effettuare interventi di manutenzione misurati sulle reali esigenze del sistema.

Principi del monitoraggio in continuo

Scopo di questo capitolo è fornire una lista esaustiva dei principi di misura applicabili ai Sistemi di Monitoraggio in continuo delle Emissioni.

La necessità di tale studio deriva da una disomogenea varietà di strumenti presenti sul mercato che potrebbe inficiare sulla qualità dei dati forniti dagli SMCE.

Non si intende entrare nel merito delle diverse modalità di prelievo e trattamento del campione.

In mancanza di un sistema di certificazione nazionale, è stata effettuata una ricognizione delle apparecchiature certificate presenti sul mercato internazionale, valutandone le prestazioni, l'affidabilità, la disponibilità dei dati nel tempo e le problematiche inerenti il limite di rilevabilità e le derive di zero e di span.

Viene pertanto riportata, nel seguito, una tabella riepilogativa della ricognizione effettuata nella quale, nell'ordine, si trovano gli inquinanti da determinare, i diversi principi di misura ed i valori medi di alcuni dati delle diverse apparecchiature certificate. Nello specifico, si riportano:

- campo di misura;

- limite di rilevabilità;
- deriva di zero;
- deriva di span;
- indice di disponibilità.

Il campo di misura riportato è da intendere come intervallo certificato e di solito coincide con il campo di misura più basso dello strumento; è tuttavia possibile estendere l'intervallo superiore del campo di misura di un fattore almeno pari a 10.
Sulla base di tali dati verrà costituito il criterio di selezione dei diversi principi di misura.

Criterio di selezione

L'identificazione di un principio di misura per una determinata emissione dovrà tenere conto, in ordine prioritario, di:

- il campo di misura dovrà essere scelto in maniera che il limite autorizzato ricada intorno al 50% dell'intervallo;
- l'indice di disponibilità deve essere superiore al 98% per un tempo non inferiore a tre mesi;
- la deriva di zero e di span deve essere, in termini percentuali, la minore possibile rispetto al valore del fondo scala impostato, privilegiando tuttavia, lunghi tempi di deriva;
- il limite di rilevabilità deve essere il più basso possibile.

Applicabilità dei sistemi di monitoraggio in continuo agli impianti esistenti

La predisposizione di un sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni, oltre a quanto precedentemente riportato, deve tenere conto, essenzialmente per gli impianti esistenti, della reale fattibilità di installazione dello SMCE; in genere sono preferibili sistemi *in situ* rispetto a sistemi estrattivi ove si verifichi l'impossibilità di installare cabine di monitoraggio per ragioni di spazio.
Nel caso di sistemi estrattivi la configurazione geometrica può variare da caso a caso, ma si tratta in definitiva di realizzare una cabina a terra che consente, tra l'altro, un rapido accesso alle strumentazioni per la loro manutenzione.
Prescindendo dal tipo di analizzatori e dalla loro reperibilità sul mercato, alla luce del potenziamento specifico delle attività di controllo ed assicurazione di qualità, è opportuno scegliere strumenti dotati o facilmente dotabili della diagnostica necessaria ad implementare direttamente i controlli sulle parti e componenti critiche delle stesse, con particolare riferimento alle procedure di prelievo che, come noto, sono tra le più importanti per assicurare la qualità del dato ottenuto.
In ogni caso, la scelta dovrà sempre privilegiare l'affidabilità del sistema e la qualità del dato rispetto a problemi di natura logistica interna agli impianti.

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
OSSIGENO (O_2)		PARAMAGNETICO	0 - 10/25 % Vol.	0,2 % Vol.	< 0,5 % f. s./3 mesi	< 0,5 % f. s./3 mesi	> 98 % per tre mesi
		OSSIDO DI ZIRCONIO	0 - 10/25 % Vol.	0,2 % Vol.	< 0,12 % f. s./3 mesi	< 0,12 % f. s./3 mesi	99,6% per 1mese
Metano (CH_4)	Totale	FID	0 - 15 mg/m3	0,01 mg/m3	< 3 % f. s./2 settimane	< 3 % f. s./2 settimane	99% per 3 mesi
		NDIR	0 - 50 mg/m3	< 3,5 % f. s.	< 2 % f. s./anno	< 4 % valore letto/anno	98% per 3 mesi
		FTIR	0 - 200 mg/m3	4% f.s	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	98% per 3 mesi
Monossido di carbonio (CO)	Totale	NDIR	0 - 75 mg/m3	0,2 mg/m3	< 2 % f. s./anno	< 4 % valore letto/anno	> 98 % per tre mesi
		FTIR	0 - 75 mg/m3	0,2 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
Protossido di azoto (N_2O)	Totale	NDUV	0 - 125 mg/m3	1 mg/m3	< 2 % f. s./anno	< 2 % valore letto/anno	

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
		FTIR	0 - 50 mg/m3	0,3 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	
Biossido di carbonio (CO_2)	Totale (secondo le lineeguida IPCC 1996 usate da UNFCCC che escludono le emissioni di CO2 da biomasse e bunkers)	NDIR	0 - 30 % Vol.	3,5% f.s	< 2 % f. s./anno	< 4 % valore letto/anno	
		FTIR	0 - 30 % Vol.	0,01 % Vol.	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Totale dei composti organici volatili escluso il metano	FID	0 - 15 mg/m3	0,3 mg/m3	< 3 % f. s./2 settimane	< 3 % f. s./2 settimane	> 99 % per tre mesi
Ossidi di azoto (NOx)	Somma di monossido (NO) e biossido di azoto (NO2) espressi come NO2	Misura NO (NDIR)	0 - 200 mg/m3	3,5% f.s	< 2 % f. s. per 3mesi	< 4 % valore letto/3 mesi	> 98 % per tre mesi

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
		Misura NO_2 (NDIR)	0 -80 mg/m3	3,5% f.s	< 2 % f. s. per 3mesi	< 4 % valore letto/3 mesi	> 98 % per tre mesi
		Misura NO (FTIR)	0 - 200 mg/m3	1,7 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		Misura NO_2 (FTIR)	0 - 40 mg/m3	0,4 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	
		Misura NO (NDUV)	0 - 50 mg/m3	0,5 mg/m3	< 2 % f. s./anno	< 2 % valore letto/anno	> 98 % per sei mesi
		Misura NO (CLA)	0 - 20 mg/m3	0,2 mg/m3			
Ammoniaca (NH_3)	Totale	NDIR	0 - 20 mg/m3	3,5% f.s	< 2 % f. s./anno	< 4 % valore letto/anno	
		FTIR	0 - 15 mg/m3	0,2 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		Elettrochimico	0 -10 mg/m3	4% f.s	< 2 % f. s./24 h	< 4 % valore letto/24 h	

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
Ossidi di solfo (SOx)	Somma di biossido (SO2) e triossido di solfo (SO3) espressi come SO2	NDIR	0 - 75 mg/m3		< 2 % f. s./anno	< 4 % valore letto/anno	> 98 % per tre mesi
		FTIR	0 - 75 mg/m3	0,3 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		NDUV	0 - 75 mg/m3		< 2 % f. s./anno	< 2 % valore letto/anno	> 98 % per sei mesi
Polifluorocarburi (PFC)	Totale (somma di: CF4, C2F6, C3F8, C4F10, c-C4F8, C5F12, C6F14)	FID	0 - 15 mg/m3	0,01 mg/m3	< 3 % f. s./2 settimane	< 3 % f. s./2 settimane	
Idrofluorocarburi (HFC)	Totale (somma di: HCF-23, HCF-32, HCF-41, HCF-43-10mee, HCF-125, HCF-134, HCF-134a, HCF-152a, HCF-143, HCF-143a, HCF-227ea, HCF-233fa, HCF-245ca)	FID	0 - 15 mg/m3	0,01 mg/m3	< 3 % f. s./2 settimane	< 3 % f. s./2 settimane	

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
Cloro e composti inorganici (HCl)	Totale (composti inorganici del cloro espressi come HCl)	NDIR	0 -15 mg/m3	3,5% f.s	< 2 % f. s. per 3mesi	< 4 % valore letto/3 mesi	> 98 % per tre mesi
		FTIR	0 - 15 mg/m3	0,3 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		Elettrochimico	0 -15 mg/m3	4% f.s	< 2 % f. s./24 h	< 4 % valore letto/24 h	
Fluoro e composti inorganici	Totale (composti inorganici del fluoro espressi come HF)	FTIR	0 - 5 mg/m3	0,1 mg/m3	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		Elettrochimico	0 -2 mg/m3	4% f.s	< 2 % f. s./24 h	< 4 % valore letto/24 h	
Polveri	Totale	Diffrazione di luce	0 - 0,5 mg/m3	0,02 mg/m3	< 1,2 % f. s./3 mesi	< 1,6 % f. s./ 3 mesi	95,90%
		Estinzione di luce	0 - 20 mg/m3	1,0 mg/m3	< 0,2 % f. s.	< 0,4 % f. s.	97,50%

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA	LIMITE DI RILEVABILITA'	DERIVA DI ZERO	DERIVA DI SPAN	DISPONIBILITA'
		Raggi Beta	0 - 0,15 mg/m3	0,003 mg/m3	< 1,5 % f. s./1 settimana	< 2,0 % f. s./ 1 settimana	95,90%
		Triboelettrico[1]	0 - 15 mg/m3				
		Process -Photometer	0 - 0,2 mg/m3	0,02 mg/m3	< 0,5 % f. s.	< 3 % f. s.	
Benzene (C_6H_6)	Totale	FID	0 - 15 mg/m3	0,01 mg/m3	< 3 % f. s./2 settimane	< 3 % f. s./2 settimane	
Vapor Acqueo (H_2O)	Totale	NDIR	0 - 40 % Vol.	< 3,5 % f. s.	< 1 % f. s./ 1 mese	< 1 % f. s./ 1 mese	98,6% per 3 mesi
		FTIR	0 - 40 % Vol.	0,01 % Vol.	< 2 % f. s./sei mesi	< 4 % valore letto/sei mesi	> 98 % per tre mesi
		Psicometrico	0 -100% Vol.	0,05 % Vol.			> 95 % per tre mesi

[1] Per la determinazione delle polveri è consentito il principio triboelettrico solo se lo stesso dispone del sistema di compensazione per la velocità dell'effluente gassoso.

Monitoraggio discontinuo. Elenco dei metodi per la determinazione degli inquinanti presenti nelle emissioni in atmosfera (flussi gassosi convogliati)

Prescindendo dal monitoraggio in continuo, trattato nei precedenti paragrafi, si è ritenuto utile fornire alcune indicazioni sui metodi disponibili per il monitoraggio, anche discontinuo, degli inquinanti in atmosfera. Nella tabella seguenti sono indicati sia i metodi elaborati dagli organismi scientifici UNI, CEN, ISO, ASTM e EPA sia quelli espressamente previsti dalla normativa italiana vigente. È opportuno tenere sempre ben in considerazione la differenza tra metodi elaborati dagli organismi scientifici, che rappresentano un contributo alla conoscenza scientifica nel settore, e metodi previsti dalla legislazione, essendo questi ultimi un obbligo per coloro che sono soggetti alla normativa medesima.
Risulta ovvio al lettore che l'aggiornamento del quadro seguente è valido alla data di emanazione della presenta linea guida e che nuovi metodi potrebbero in futuro essere adottati dalla normativa nazionale di riferimento.

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	Riferimento normativo
Velocità e portata	UNI 10169 - Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo del tubo di Pitot ISO 10780: 1994 - Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in duc ISO 14164: 1999 - Determination of the volume flowrate of gas streams in ducts -- Automated method W.I. 00264061 – Manual method for determining gas velocity and volumetric flow rate of gas streams in ducts, stacks and chimneys (Work in progress presso il Comitato Europeo di Normazione) W.I. 00264062 – Automatic flow monitoring systems for determining gas velocity and volumetric flow rate of gas streams in ducts, stacks and chimneys on a continuous basis - Performance characteristics, test methods, specifications and ongoing quality assurance (Work in progress presso il Comitato Europeo di Normazione)	M.U 467 – Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati (metodo recepito come norma UNI 10169) M.U 422 – Criteri generali per la scelta dei punti di misura e campionamento (metodo recepito come norma UNI 10169)	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Monossido e biossido di azoto (NOx) espresso come biossido di azoto	UNI 9970 – Misure alle emissioni. Determinazioni degli ossidi di azoto in flussi gassosi convogliati UNI 10878 - Determinazione degli ossidi di azoto (NO e NO2) in flussi gassosi convogliati - Metodi mediante spettrometria non dispersiva all'infrarosso (NDIR) e all'ultravioletto (NDUV) e chemiluminescenza ISO 10849/04.96 - Stationary source emission – Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – Performance characteristics of automated measuring methods ISO 11564/04.98 - Stationary source emission – Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – 6Naphthylethylenediamine photometric method ASTM D6522-00 - Standard Test method for determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Concentrations in Emissions from Natural Gas-Fired Reciprocating Engines, Combustion Turbines, Boilers, and Process Heaters Using Portable Analyzers EPA METHOD 7, 7A, 7B, 7C, 7D, 7E - Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources. CEN/TC 264/WG9 "QA of AMS" is working on the quality assurance aspects of automated measuring systems. prEN 14792 - Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NOx) - Reference method: Chemiluminescence	Rapporto ISTISAN 98/2 – Rilevamento delle emissioni in flussi gassosi convogliati di ossidi di zolfo e ossidi di azoto espressi rispettivamente come SO_2 e NO_2	DM 25/08/00 Allegato I

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	**Riferimento normativo**
Monossido e biossido di zolfo (SOx) espresso come biossido di zolfo	UNI 9967 - Misure alle emissioni. Determinazioni degli ossidi di zolfo in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrofotometrico alla pararosanilina UNI 10246-1 – Misure alle emissioni. Determinazioni degli ossidi di zolfo in flussi gassosi convogliati. Metodo gravimetrico UNI 10246-2 – Misure alle emissioni. Determinazioni degli ossidi di zolfo in flussi gassosi convogliati. Metodo turbidimetrico UNI 10393 - Determinazione del biossido di zolfo nei flussi gassosi convogliati. Metodo strumentale con campionamento estrattivo diretto. ISO 7934/08.89 and draft 11.97 (amendment) - 1) Stationary source emission – Determination of the mass concentration of sulphur dioxide ISO 7935/12.92 Stationary source emission - Determination of the mass concentration of sulphur dioxide - Performance characteristics of automated measuring methods ISO 11632/03.98 Stationary source emission – Determination of the mass concentration of sulphur dioxide – Ion chromatography method EPA METHOD 6, 6C - Determination of sulphur dioxide emissions from stationary sources EPA Method 6A - Determination of Sulfur Dioxide, Moisture and Carbon Dioxide from Fossil Fuel Combustion Sources EPA Method 6B - determination of sulfur dioxide and carbon dioxide daily average emissions fromfossil fuel combustion sources CEN/TC 264/WG9 "QA of AMS" is working on the quality assurance aspects of automated measuring systems. prEN 14791 - Stationary source emissions - Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method	Rapporto ISTISAN 98/2 – Rilevamento delle emissioni in flussi gassosi convogliati di ossidi di zolfo e ossidi di azoto espressi rispettivamente come SO_2 e NO_2	DM 25/08/00 Allegato 1
Ossigeno (O_2)	UNI 9968 – Misure alle emissioni. Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico ISO 12039 – Determination if carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen – Performance characteristics and calibration of automated measuring systems prEN 14789 - Stationary source emissions - Determination of volume concentration of oxygen (O_2) - Reference method - Paramagnetism		

Parametro	**Metodi di misura / Procedure**	**Normativa e legislazione nazionale**	
		Metodi di misura/Procedure	**Riferimento normativo**
Monossido di carbonio (CO)	UNI 9968 – Misure alle emissioni. Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico UNI 9969 – Misure alle emissioni. Determinazione del monossido di carbonio in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrofotometrico all'infrarosso Work in progress in CEN/TC 264 WG 16 ASTM D6522-00 - Standard Test method for determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Concentrations in Emissions from Natural Gas-Fired Reciprocating Engines, Combustion Turbines, Boilers, and Process Heaters Using Portable Analyzers EPA Method 10B - Determination of Carbon monoxide Emissions from Stationary Sources ISO 12039 – Determination if carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen – Performance characteristics and calibration of automated measuring systems	M.U. 542 Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico (metodo recepito come norma UNI 9968) M.U. 543 Determinazione del monossido di carbonio in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrofotometrico all'infrarosso (metodo recepito come norma UNI 9969)	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Biossido di carbonio (CO_2)	UNI 9968 – Misure alle emissioni. Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico EPA Method 3C – Determination of Carbon Dioxide, Methane, Nitrogen, and Oxygen from Stationary Sources EPA Method 6A - Determination of Sulfur Dioxide, Moisture and Carbon Dioxide from Fossil Fuel Combustion Sources EPA Method 6B - Determination of Sulfur Dioxide and Carbon Dioxide Daily Average Emissions from Fossil Fuel Combustion Sources ISO 12039 – Determination if carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen – Performance characteristics and calibration of automated measuring systems	M.U 542 - Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico (metodo recepito come norma UNI 9968)	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Metano (CH_4)	UNI 9968 – Misure alle emissioni. Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico EPA Method 3C – Determination of Carbon Dioxide, Methane, Nitrogen, and Oxygen from Stationary Sources	M.U 542 - Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico (metodo recepito come norma UNI 9968)	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	**Riferimento normativo**
Polveri totali (come base per calcolare PM_{10})	UNI EN 13284-1 - Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni - Metodo manuale gravimetrico (sostituisce UNI 10263) PrEN 13284–2 - Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 2: Automated measuring systems ISO 9096: 2003- Stationary source emissions - Manual determination of mass concentration of particulate matter ISO 10155/04.95 - Stationary source emission – Automated monitoring of mass concentration of particles – performance characteristics, test methods and specifications EPA METHOD 5 - Determination of particulate matter emissions from stationary sources EPA METHOD 17 - Determination of particulate matter emissions from stationary sources EPA METHOD 201 - Determination of PM 10 emissions (Exhaust Gas Recycle Procedure)	M.U. 811: 88 Determinazione del materiale particellare in flussi gassosi convogliati ad alto tasso di umidità M.U. 402 – Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonda isocinetica - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI EN 13284-1) M.U. 494 - Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonde separate: tubo di prelievo e tubo di Pitot - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI 13284-1)	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	UNI EN 13649* - Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa - Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente (sostituisce UNI 10493) UNI EN 12619* – Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa a basse concentrazioni in effluenti gassosi - Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (sostituisce UNI 10391) UNI EN 13526* - Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa in effluenti gassosi provenienti da processi che utilizzano solventi - Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (sostituisce UNI 10391) EPA Method 25 - Determination of total gaseous non-methane organic emissions as carbon	UNI 10493 - Determinazione di composti organici volatili per adsorbimento su carboni attivi ed analisi gascromatografica UNI 10391 - Determinazione di composti organici volatili (COV) espressi come carbonio organico totale nei flussi gassosi convogliati	DM 25/08/00 Allegato 4 DM 25/08/00 Allegato 5
Cloro e composti inorganici come HCI	EN 1911 Parts 1/2/3 – 1996 Stationary source emission – Manual method of determination of HCI	Rapporto ISTISAN 98/2 – Rilevamento delle emissioni in flussi gassosi convogliati di composti inorganici del cloro e del fluoro sotto forma di gas e vapore espressi rispettivamente come HCl e HF.	DM 25/08/00 Allegato 2

* I metodi forniscono dati sui composti organici volatili totali. I risultati, corretti per il contenuto di metano, rappresentano i COVNM

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	Riferimento normativo
Fluoro e composti inorganici come HF	UNI 10787 – Misure alle emissioni. Determinazioni contemporanea dei fluoruri gassosi e particellari – Metodo potenziometrico EPA METHOD13b - Determination of total fluoride emissions from stationary sources (specific ion electrode method) Standard in progress: ISO/CD 15713-06/99	Rapporto ISTISAN 98/2 – Rilevamento delle emissioni in flussi gassosi convogliati di composti inorganici del cloro e del fluoro sotto forma di gas e vapore espressi rispettivamente come HCl e HF. M.U. 620: 83 – Determinazione contemporanea dei fluoruri gassosi e particellari – Metodo potenziometrico	DM 25/08/00 Allegato 2 DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Policloro dibenzo diossine (PCDD) e policloro dibenzo furani (PCDF)	EN 1948 Parts 1/2/3-1996 Stationary source emission – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs EPA METHOD 23 - Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U 825:89 – Campionamento e determinazione di microinquinanti organici: IPA, PCDD+PCDF, PCB	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	ISO 11338-2/07.99 (draft) - Stationary source emission – Determination of gas and particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons from stationary sources Part 2: Sample preparation, clean-up and determination. Also see ISO/DIS 11338-1/07.00 (draft)	Rapporto ISTISAN 97/35 – Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Metodo gascromatografico. M.U. 871:90 – Determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici - Metodo per cromatografia liquida (HPLC)	DM 25/08/00 Allegato 3 e Appendice 1 DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Arsenico e composti espresso come arsenico (As)	Work in progress in CEN/TC 264 WG 10 EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI and V	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	Riferimento normativo
Cadmio e composti espresso come cadmio (Cd)	prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI and V EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Cromo e composti espresso come cromo (Cr)	prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI and V EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Rame e composti espresso come rame (Cu)	prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI and V EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Mercurio e composti espressi come (Hg)	EN 13211 - Stationary source emission – Determination of the concentration of total mercury CEN/TC 264 N 524 - Determination of total mercury - Automated measuring systems (Work in progress presso il Comitato Europeo di Normazione) EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources EPA METHOD 101 - Determination of particulate and gaseous mercury emissions from chlor-alkaly plants (air stream)	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria M.U. 589:83 – Determinazione del mercurio totale – Metodo ad assorbimento atomico	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.

Parametro	Metodi di misura / Procedure	Normativa e legislazione nazionale	
		Metodi di misura/Procedure	Riferimento normativo
Nichel e composti espressi come nichel (Ni)	prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl and V EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Piombo e composti espressi come piombo (Pb)	prEN 14385 - Stationary source emissions - Determination of the total emission of As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl and V EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Zinco e composti espressi come zinco (Zn)	EPA METHOD 29 - Determination of metals emissions from stationary sources	ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Ammoniaca (NH_3)		M.U. 632: 84 – Determinazione dell'ammoniaca – metodo colorimetrico con reattivo di Nessler	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.
Idrogeno solforato (H_2S)		M.U. 634: 84 – Determinazione del solfuro di idrogeno – Metodo volumetrico	DM 12/07/90 allegato 4, tab. 4.1.

Monitoraggio indiretto: esempi di monitoraggio indiretto delle emissioni in aria attraverso l'uso dei fattori di calcolo

Uno dei riferimenti normativi più significativi in materia di determinazione delle emissioni con modalità non dirette è il Regolamento in materia di tasse sulle emissioni di SO_2 ed NO_X da grandi impianti di combustione di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 26 ottobre 2001, n.416. Tale decreto, emanato in attuazione della legge n. 449 del 1997, articolo 17, commi dal 29 al 33, con la quale veniva istituita la tassa sulle emissioni di ossidi di zolfo e di azoto, riporta infatti le metodologie di determinazione delle emissioni a partire dai dati operativi degli impianti di combustione.

Premessa

Le emissioni convogliate di inquinanti in atmosfera sono calcolate come prodotto del volume dei fumi emessi nel periodo di riferimento per la concentrazione media dell'inquinante nel periodo.

Le emissioni di anidride solforosa possono, in alternativa, essere valutate mediante metodo stechiometrico diretto in base alla conoscenza del consumo annuo di combustibile e del quantitativo di zolfo in esso contenuto.

Nel caso più generale quindi, le emissioni, espresse in tonnellate/anno, sono determinabili secondo la seguente relazione:

$$\text{Emis.(t/anno)} = \text{Conc.media annua (mg/Nm3)} \cdot \text{Vfumi(Nm3/anno)} \cdot 10^{-9}$$

Nel caso di impianti che effettuano misure di concentrazione con sistemi di rilevamento in continuo, secondo il D.M. 21/12/1995, disponendo anche di medie mensili, le emissioni sono determinabili come sommatoria dei contributi riferiti ai mesi di funzionamento.

Le concentrazioni da utilizzare nelle precedenti formule sono quelle normalizzate per fumi anidri al valore di ossigeno di riferimento come prevista dalla vigente normativa ambientale. Il valore delle emissioni viene limitato alle sole cifre intere, approssimando all'unità inferiore i decimali compresi fino a 0.5.

Calcolo del volume dei fumi emessi

Nei casi nei quali la portata e quindi il volume complessivo dei fumi emessi non è monitorato in continuo esso può essere determinato, convenzionalmente, utilizzando le seguenti formule basate sulla composizione % in peso (sul secco) dei singoli elementi costituenti il combustibile utilizzato.

La formula, semplificata, di riferimento per il calcolo del volume unitario di fumi anidri stechiometrici a condizioni fisiche normalizzate di temperatura e pressione (0°C; 101.3 kPa), valida per percentuali in peso di azoto e ossigeno nel combustibile inferiori o uguali all' 1% e' la seguente:

$$\text{VF (Nm3/kg)} = 8.86 \cdot C + 20.89 \cdot H2 + 3.31 \cdot S$$

dove VF rappresenta il volume dei fumi emessi per kg di combustibile bruciato e C, H2, S sono i chilogrammi di carbonio, idrogeno e zolfo rispettivamente contenuti in un chilogrammo di combustibile.

Per percentuali di azoto e ossigeno superiori la formula completa è:

VF (Nm3/kg) = 8.86 · C - 20.89 · H2 - 3.31 · S + (0.8 ‚ 7.6) · N2 - 2.63 · O2

dove il coefficiente per l'azoto varia in funzione delle forme chimiche assunte dallo stesso nei fumi in uscita. Nel caso di combustibile gassoso, per il quale si presume che l'azoto in esso contenuto non si ossidi, si assume il coefficiente 0.8. Nel caso di combustibili solidi o liquidi, per i quali l'azoto contenuto esca in forma ossidata (NO_x) si può assumere il coefficiente 7.6 nel caso di NO_2 oppure un coefficiente mediato pari a 4.76 per una composizione standard di 0.05 in NO_2 e 0.95 in NO.

Per quanto riguarda i combustibili gassosi, la composizione in peso da utilizzare nelle formule presentate si deve ricavare dalla composizione molare del gas.
A tal fine l'esercente dovrà tenere apposita documentazione della stessa e della relativa trasformazione in composizione elementare.

Per passare al volume unitario di fumi anidri emessi con percentuale di ossigeno libero residuo pari al valore di riferimento di legge (%O2rif) per il combustibile utilizzato, si impiega la formula

$VF_{\%O2rif} = VF \cdot 21/(21 - \%O2rif)$

Il volume totale di fumi anidri normalizzati emessi, espressi in Nm3/anno, si ottiene moltiplicando il valore precedentemente determinato per il quantitativo, Q, di combustibile bruciato espresso in kg/anno.

$Vfumi = VF_{\%O2rif} \cdot Q$

Qualora si utilizzassero diversi tipi di combustibili, il volume totale di fumi emessi Vtot-fumi nel periodo considerato sarà ottenuto dalla sommatoria dei singoli contributi

Calcolo delle concentrazioni medie

Impianti dotati di monitoraggio in continuo delle emissioni
La concentrazione media (oraria, mensile o annua) fornita da SMCE, viene utilizzata direttamente per il calcolo dalle emissioni. La procedura descritta vale anche per gli impianti dotati di sistemi di abbattimento

Impianti non dotati di monitoraggio in continuo delle emissioni
Nel caso generale di inquinanti non direttamente correlati alle caratteristiche dei combustibili (es. NO_x) si calcolerà la concentrazione media emessa sulla base di campagne di analisi delle emissioni al camino eseguite in modalità discontinua e con periodicità prefissata con impianto di combustione in esercizio in condizioni operative rappresentative del normale funzionamento dell'impianto.
Nel caso specifico delle emissioni di SO_2 esse possono essere eseguite mediante calcoli stechiometrici sulla base dei consumi del singolo combustibile Qj (kg/unità di tempo) e del relativo tenore di zolfo Sj % (medio nell'unità di tempo).

Principi del monitoraggio degli inquinanti nelle emissioni in acqua

Principi di misura per il monitoraggio in continuo

Di seguito sono indicati i parametri principali da tenere sotto controllo negli scarichi industriali e per i quali sono già disponibili sistemi automatici affidabili per il monitoraggio in continuo. La variabilità delle soluzioni impiantistiche (scarichi aperti, chiusi, discontinui) non rende al momento possibile indicare uno o più sistemi di misura validi in generale per il monitoraggio in continuo della portata. È opportuno, comunque, tenere sempre presente che il monitoraggio in continuo degli inquinanti in acqua comporta notevoli complessità operative.

INQUINANTI	IDENTIFICAZIONE	PRINCIPI DI MISURA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO	CAMPO DI MISURA
pH		• Potenziometria	
Temperatura		• Modifica delle proprietà fisiche del sensore (termocoppia, termistore, a resistenza) in funzione della temperatura	
Conducibilità		• Cella di misura a 2 o 4 elettrodi platinati; tensione variabile in funzione della conducibilità	
Solidi sospesi		• Turbidimetria	
Ossigeno disciolto		• Polarografia secondo il principio dell'elettrodo di Clark	
Carbonio organico totale	Espresso come TOC	• TOC: ossidazione totale con misura della CO_2 prodotta con rivelatore IR non dispersivio (non dispersive infrared, NDIR)	0.5-4000 mg/l
Azoto	Azoto ammoniacale	• Spettrofotometria: metodo del Blu indofenolo Potenziometria con elettrodo ione-selettivo (elettrodo a membrane a diffusione gassosa intercambiabile)	>0.05 mg/l
Azoto	Azoto nitroso	• Spettrofotometria: metodo della naftiletilendiammina	>0.05 mg/l
Azoto	Azoto nitrico	• Spettrofotometria: metodo della naftiletilendiammina, previa riduzione a nitrito • Potenziometria con elettrodo ione-selettivo (elettrodo a membrane liquida)	>0.05 mg/l
Fosforo	Ortofosfato	• Spettrofotometria: metodo dell'acido ascorbico	>0.05 mg/l

In particolare, la misura della conducibilità potrebbe essere utile per controllare eventuali anioni come i cloruri, importanti nelle concerie. Per la determinazione dei cloruri, oltre che di fluoruri e soprattutto di nitrati e nitriti, già molti impianti utilizzano sistemi di analizzatori in linea basati sulla cromatografia ionica; tali sistemi non sono stati riportati in tabella poiché non costituiscono un vero e proprio metodo on-line, essendo necessari dai 7 agli 8 minuti (ossia il tempo di una corsa cromatografia) per l'acquisizione di un dato.

La misura dei nutrienti, azoto e fosforo, è molto importante nel controllo degli scarichi e notevoli sono stati gli sforzi fatti per mettere a punto sensori o analizzatori per il monitoraggio in continuo di tali specie. Relativamente alla misura on-line dell'azoto totale e del fosforo totale sono necessarie strumentazioni che inglobino anche i sistemi di ossidazione, ancora non sufficientemente affidabili; in ogni caso, i tempi di attesa per consentire l'ossidazione del campione sono tali da rendere l'analisi stessa non più on-line ma off-line.
Possibile è invece la determinazione in automatico dell'azoto come azoto ammoniacale, nitroso e nitrico, e del fosforo come ortofosfato.
L'analisi dei nitriti avviene mediante determinazione colorimetrica a 565 nm, secondo il metodo della naftiletilendiammina (riportato su STANDARD METHODS nr.4500 - NO_2^- B, 4-83 ED.1995 e su IRSA CNR Gennaio 1981 D 003). Questa si basa sulla formazione di un composto azo-derivato colorato rosso porpora prodotto dalla reazione degli NO_2^- con solfanilammide ed N-(1naftil) etilendiammina 2 HCl.
Per la determinazione dell' ammoniaca si utilizza un elettrodo ione-selettivo a membrana a diffusione gassosa intercambiabile (Standard Methods nr.4500 - NH_3 E, 4-79 Ed.1995 e su IRSA-CNR Gennaio 1981 D-002 A) e per i nitrati un elettrodo a membrana liquida (N/ NO_3^- secondo Standard Methods nr.4500 - NO_3^- - D, 4-86 ED.1995); entrambi gli analizzatori sono dotati di termocompensazione, controllo ed aggiornamento dello slope, autocalibrazione e metodo delle aggiunte standard dinamiche.
I nitrati possono inoltre essere ridotti a nitriti, analizzando questi ultimi col metodo della naftiletilendiammina.
L'analisi del TOC, gia regolamentata nelle metodiche ufficiali ASTM, DIN, EPA, Standard Methods, e ora menzionata nelle Linee Guida Europee ISO/CEN prEN1484 approvate dalla CE nel 1997, è, quindi, codificata nei minimi dettagli. Il metodo analitico per la misura del TOC prevede la determinazione quantitativa delle sostanze organiche totali tramite la misura, in genere con rivelatore IR non dispersivo (NDIR), della CO_2 generata per ossidazione completa delle sostanze organiche presenti. I sistemi ossidanti previsti dalle varie norme sono diversi ed applicabili ognuno a determinati tipi di acque o d'impiego. Principalmente essi sono divisi in metodi a bassa temperatura con ossidanti chimici e/o luce UV (sotto i 100 °C) o ad elevata temperatura, da 680 °C a 950 °C, con combustione catalitica. La differenza tra i due metodi e essenzialmente di ordine economico ed applicativo. Gli analizzatori ad alta temperatura hanno un costo strumentale maggiore e costo elevato di gestione e di parti di ricambio da sostituire con una certa frequenza . Il potere ossidante degli analizzatori a bassa temperatura è forte, se opportunamente costruiti con lampade UV e reattori ad alta efficienza. I costi di gestione sono molto ridotti, cosi come i costi strumentali. In alcune strumentazioni la luce UV è coadiuvata da un ossidazione chimica con persolfato. In uno strumento si generano come agente ossidante radicali idrossilici per reazione di ozono in ambiente

basico. Gli analizzatori di TOC ad alta temperatura sono indispensabili in presenza di soluzioni saline (aumentano però la frequenza ed i costi di manutenzione) o di sostanze organiche particolari e difficili da ossidare. Gli analizzatori on-line del TOC con ossidazione UV-persolfato funzionano secondo le linee guida previste dall'ISO/CEN e sono conformi alle direttive CE.

Principi di misura per il monitoraggio discontinuo in acqua

Per ciò che riguarda il monitoraggio discontinuo degli inquinanti nelle emissioni in acqua, secondo quanto indicato nel DM 23/11/01, si raccomanda di utilizzare i metodi di misura riportati e/o indicati nella normativa italiana; invece, per gli inquinanti non regolamentati dalla normativa nazionale, si raccomanda di utilizzare metodi standardizzati internazionalmente accettati. Se si vuole usare un metodo non standardizzato, esso dovrà essere verificato con un metodo standard. Nelle tabelle che seguono, sono riportati rispettivamente i più importanti metodi di analisi standardizzati e riconosciuti a livello internazionale (riportati anche nel DM 23/11/01), elaborati da UNI, CEN, ISO, ASTM (American Society for Testing and Materials) ed EPA e i metodi analitici di riferimento previsti dalla normativa nazionale, descritti nei volumi "Metodi analitici per le acque" redatti dall'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), CNR, Roma (nuova edizione in fase di pubblicazione).

Elenco dei metodi elaborati dagli organismi scientifici UNI, CEN, ISO, ASTM e EPA per la misura degli inquinanti presenti nelle emissioni in acqua.

Inquinante	Campionamento	Prelievo	Trasporto/ Conservazione	Standard	Metodo analitico	Intervallo
Azoto totale	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI ENV 12260	Ossidazione / Chemoluminescenza	0,5-200 mg/l
				EN ISO 11905-1	Ossidazione con Perossidisulfato	0,02-5 mg/l
				ISO 10048		
				DIN 38409-27	Oxid. or Red. / Chemolumin	over 0,5 mg/l
Fosforo totale	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN 1189	Spettrofotometrico	
				E DIN 38405-30	Peroxodisulfat /FIA, CFA	0,1 - 10 mg/l
Arsenico e composti (As)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN ISO 11969	Idruri-AAS	1 -10 µg/l
				UNI EN 26595	Spettrofotometrico	0,001-0,1 mg/l
				EN ISO 11885	ICP-AES	over 0.08 mg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 1 µg/l
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 1 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		
Cadmio e composti (Cd)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN ISO 5961	AAS	0,3 - 3 µg/l
				EN ISO 11885	ICP-AES	> 0.01 mg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 0,1 µg/l
				DIN 38406-16	Voltammetria	0,1 µg/l - 50 mg/l
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 0,5 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		
Cromo e composti (Cr)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN 1233	AAS	5 - 100 µg/l
				EN ISO 11885	ICP-AES	> 0,001 mg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 1 µg/l

Inquinante	Campionamento	Prelievo	Trasporto/ Conservazione	Standard	Metodo analitico	Intervallo
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32	ICP-MS	> 0.1 µg/l
Rame e composti (Cu)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 11885	ICP-AES	> 0,01 mg/l
				DIN 38406-7	ET-AAS	2 - 50 µg/l
				DIN 38406-16	Voltammetry	1 - 50 µg/l
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 1 µg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 1 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		
Mercurio e composti (Hg)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN 1483	Cold vapor - AAS	0,1 - 10 µg /l
				EN 12338	CV-AAS with amalgamation	0,01- 1 µg/l
				ASTM D 3223-95	CV-AAS	0,5 -10 µg/l
Nichel e composti (Ni)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 11885	ICP-AES	
				DIN 38406-11	ET-AAS	5 - 100 µg/l
				DIN 38406-16	Voltammetry	0,1 - 10 µg/l
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 1 µg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 0.2 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		
Piombo e composti (Pb)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 11885	ICP-AES	> 0,07 mg/l
				DIN 38406-6	ET-AAS	5 - 50 µg/l
				DIN 38406-16	Voltammetry	0,1 µg/l - 50 mg/l
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 0,1 µg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 0,1 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		> 0,07 mg/l
Zinco e composti (Zn)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 11885	ICP-AES	> 0,005 mg/l
				DIN 38406-16	Voltammetry	1 - 50 µg/l

Inquinante	Campionamento	Prelievo	Trasporto/ Conservazione	Standard	Metodo analitico	Intervallo
				DIN 38406-29	ICP-MS	> 1 µg/l
				ASTM D 5673-96	ICP-MS	> 0.2 µg/l
				Work in progress in ISO/TC 147/SC WG 32		
1.2-Dicloro etano	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 10301	GC or Headspace-GC	> 5 or > 100 µg/l
				EPA 601 EPA 624 EPA 1624 (rev.B)		
Dicloro metano	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 10301	GC or Headspace-GC	> 50 µg/l
				EPA 601 EPA 624		
Esacloro benzene	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 6468 EPA 612 EPA 625 EPA 1625		
Esacloro butadiene	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 10301	GC/ECD	> ca. 10 ng/l
				EPA 612 EPA 625 EPA 1625		
Esacloro ciclo esano	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN ISO 6468	GC after Extraction	> 0,01 µg/l
				EPA 608 EPA 625		
Composti organici alogenati	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN 1485	AOX	> 10 µg/l
				ISO 9562	AOX	> 10 µg/l
				DIN 38409-22	SPE-AOX	> 10 µg/l
				EPA 601	GC/ECD	
BTEX	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	DIN 38407-9	AOX	> 10 µg/l
Difenil etere bromato	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EPA 611	Headspace-GC/FID	> 5 µg/l
				EPA 1625		
Composti organo stannici	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	DIN V 38407-13	GC/MS	5 - 1000 ng/l
Idroc. Policiclici Aromatici (IPA)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	ISO/CD 17993	HPLC/Fluorescence	> 0,005 µg/l
				EPA 610 EPA 625 EPA 1625 (rev. B)		
Fenoli	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	EN 12673	GC/ECD/MS after derivat	0,1 - 1000 µg/l
				ISO DIS 8165-2	GC/ECD after derivat	

Inquinante	Campionamento	Prelievo	Trasporto/ Conservazione	Standard	Metodo analitico	Intervallo
				ATSM D 2580-94 EPA 604 EPA 625 EPA 1625		
Carbonio organico totale (TOC)	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN 1484	TOC/DOC	0,3 - 1000 mg/l
				ISO 8245	TOC/DOC	0,3 - 1000 mg/l
				APHA Standard Methods 5310 C	TOC/DOC	
Cloruri	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN ISO 10304-1	IC	0,1 - 50 mg/l
				UNI EN ISO 10304-2	IC	0,1 - 50 mg/l
				EN ISO 10304-4	IC	0,1 - 50 mg/l
				DIN 38405-31	FIA/CFA	1 - 1000 mg/l
Cianuri	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	PrEN ISO 14403	UV-Digestion/CFA	>3 µg/l
				DIN 38405-14	Distillation/ Photometry	0,01 - 1 mg/l
Fluoruri	EN ISO 5667-1 (1980/1996)	EN ISO 5667-10 (1992)	EN ISO 5667-3 (1994)	UNI EN ISO 10304-1	IC	0,01 - 10 mg/l
				ISO 10359-1	Tecnica elettrochimica	0,2 - 2 mg/l

Elenco dei metodi previsti dalla normativa italiana vigenti per la misura degli inquinanti presenti nelle emissioni in acqua

È opportuno tenere sempre ben in considerazione la differenza tra metodi elaborati dagli organismi scientifici, che rappresentano un contributo alla conoscenza scientifica nel settore, e metodi previsti dalla legislazione, essendo questi ultimi un obbligo per coloro che sono soggetti alla normativa medesima.
Risulta ovvio al lettore che l'aggiornamento del quadro seguente è valido alla data di emanazione della presenta linea guida e che nuovi metodi potrebbero in futuro essere adottati dalla normativa nazionale di riferimento.

Inquinante	Campionamento e conservazione del campione	Metodo analitico[2]	Intervallo
Azoto	1030-Metodi di campionamento	**4060 Azoto totale e fosforo totale**	0,1-7 mg N/L
		4030 A2 Azoto ammoniacale spettrofotometrico con Nessler; 4030 A1 azoto ammoniacale spettrofotometrico all'indofenolo; 4020 Anioni in cromatografia ionica	0,4-4 mg N-NH4/L
		4050 Azoto nitroso spettrofotometrico con solfanilammide + naftiletilendiammina; 4020 Anioni in cromatografia ionica	0,001-0,2 mg N-NO2/L
		4040 A1 Azoto nitrico spettrofotometrico con salicilato di sodio; 4040 A2 riduzione su colonna di Cd/Cu + spettrofotometria con solfanilammide e a-naftiletilendiammina; 4020 Anioni in cromatografia ionica	0,5-5 mg N-NO3/L
Fosforo	1030-Metodi di campionamento	**4060 Azoto totale e fosforo totale**	0,001-1 mg P-PO4/L
Arsenico (As) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3080 assorbimento atomico con formazione di idruri**	0,0005-0,010 mg/L
Cadmio (Cd) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3120 B assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica;** 3120 A assorbimento atomico in fiamma; 3020 analisi in plasma (ICP-OES)	0,0001-0,004 mg/L
Cromo (Cr) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3150 A assorbimento atomico in fiamma per Cr totale;** 3150 B assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica; 3020 analisi in plasma (ICP-OES)	0,1-4 mg/L

[2] I metodi riportati in **grassetto** sono i più adatti alla misura di valori di concentrazione conformi ai limiti di emissione indicati nella tabella 3, allegato 5 del D.Lgs 152/99, e successive modifiche e integrazioni.

Inquinante	Campionamento e conservazione del campione	Metodo analitico[2]	Intervallo
	1030-Metodi di campionamento	**3150 C spettrofotometrico con difenilcarbazide per Cr (VI)**	0,1-1 mg/L
Rame (Cu) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3250 B assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica;** 3250 A assorbimento atomico in fiamma; 3020 analisi in plasma (ICP-OES)	0,001-0,04 mg/L
Mercurio (Hg) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3200 A2 assorbimento atomico a vapori freddi**	0,0005-0,050 mg/L
Nichel (Ni) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3220 A assorbimento atomico in fiamma;** 3220 B assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica; 3020 analisi in plasma (ICP-OES)	0,2-5 mg/L
Piombo (Pb) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3230 B assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica;** 3020 analisi in plasma (ICP-OES); 3230 A assorbimento atomico in fiamma	0,001-0,04 mg/L
Zinco (Zn) e composti	1030-Metodi di campionamento	**3320 assorbimento atomico in fiamma**	0,05-2 mg/L
Alluminio	1030-Metodi di campionamento	**3050 B Assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica**	0,001-0,04 mg/L
Bario	1030-Metodi di campionamento	**3090 A Assorbimento atomico in fiamma**	1-20 mg/L
Boro	1030-Metodi di campionamento	**3110 Metodo spettrofotometrico con curcumina**	0,1-1 mg/L
Ferro	1030-Metodi di campionamento	**3160 A Assorbimento atomico in fiamma**	0,2-5 mg/L
Manganese	1030-Metodi di campionamento	**3190 A Assorbimento atomico in fiamma**	0,1-2 mg/L
Selenio	1030-Metodi di campionamento	**3260 A Assorbimento atomico con formazione di idruri**	0,001-0,02 mg/L
Stagno	1030-Metodi di campionamento	**3280 B Assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica**	0,005-0,05 mg/L
Sostanze organiche clorurate	1030-Metodi di campionamento	**5150 Solventi clorurati: gascromatografia con rivelazione a cattura elettronica previo isolamento con spazio di testa statico (A);** mediante "purge and trap" (B)	
Dicloroetano-1,2 (DCE)	1030-Metodi di campionamento	**5150 Solventi clorurati: gascromatografia con rivelazione a cattura elettronica previo isolamento con spazio di testa statico (A);** mediante "purge and trap" (B)	> 0,05 mg/L
Diclorometano (DCM)	1030-Metodi di campionamento	**5150 con spazio di testa statico (A);** mediante purge and trap (B)	> 0,2 mg/L
Esaclorobenzene (HCB)	1030-Metodi di campionamento	**5090 Pesticidi clorurati - estrazione liquido-liquido ed gascromatografia capillare con**	> 0,000020 mg/L

Inquinante	**Campionamento e conservazione del campione**	**Metodo analitico[2]**	**Intervallo**
		rivelatore ECD	
Esaclorobutadiene (HCBD)	1030-Metodi di campionamento	**5150 Solventi clorurati mediante purge and trap (B)**	> 0,00025 mg/L
Esaclorocicloesano (HCH)	1030-Metodi di campionamento	**5090 Pesticidi clorurati - estrazione liquido-liquido ed gascromatografia capillare con rivelatore ECD**	> 0,000020 mg/L
Pentaclorobenzene	1030-Metodi di campionamento	**5090 Pesticidi clorurati**	> 0,000020 mg/L
Benzene, toluene, etilbenzene, xileni (BTEX)/Solventi organici aromatici	1030-Metodi di campionamento	**5140 Solventi organici aromatici - gascromatografia mediante spazio di testa statico (A);** gascromatografia mediante purge and trap (B)	> 0,02 mg/L
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	1030-Metodi di campionamento	**5080 LLE o SPE + GC-MS o HLPC-fluorescenza**	> 0,000005 mg/L
Fenoli	1030-Metodi di campionamento	5070 A2 spettotometrico con 4-amminoantipirina; **B HPLC-UV**	> 0,05 mg/L
Carbonio organico totale	1030-Metodi di campionamento	**5040 Analisi elementare** **5130 COD**	> 20 mg/L
BOD5 (come O_2)	1030-Metodi di campionamento	**5120 BOD**	> 5 mg/L
Idrocarburi	1030-Metodi di campionamento	**5160 B2 Metodo spettrofotometrico IR**	> 0,05 mg/L
Aldeidi	1030-Metodi di campionamento	5010 A spettrofotometrico con MBTH; **B1 HPLC; B2 GC/ECD**	> 0,01 mg/L
Tensioattivi totali	1030-Metodi di campionamento	**5170 MBAS (anionici); 5180 BIAS (non ionici)**	0,005- 100 mg/L 0,01-0,05 mg/L
Pesticidi fosforati	1030-Metodi di campionamento	**5100 Pesticidi fosforati**	> 0,000020 mg/L
Pesticidi totali (esclusi i fosforati) tra cui:	1030-Metodi di campionamento	**5060 Prodotti fitosanitari**	> 0,000020 mg/L
- aldrin	1030-Metodi di campionamento	"	> 0,000020 mg/L
- dieldrin	1030-Metodi di campionamento	"	> 0,000020 mg/L
- endrin	1030-Metodi di campionamento	"	> 0,000020 mg/L
- isodrin	1030-Metodi di campionamento	"	
Cloruri	1030-Metodi di campionamento	**4020 Anioni in cromatografia ionica**	> 0,1-100 mg/L
Cloro attivo libero	1030-Metodi di campionamento	**4080 spettrofotometrico con DPD (N,N-dietil-p-fenilendiammina)**	0,0 3-5 mg/L

Inquinante	**Campionamento e conservazione del campione**	**Metodo analitico[2]**	**Intervallo**
Cianuri	1030-Metodi di campionamento	**4070 spettrofotometrico con cloramina T**	> 0,02 mg/L
Fluoruri	1030-Metodi di campionamento	**4020 Anioni in cromatografia ionica**	> 0,1-100 mg/L
Solfuri (come H_2S)	1030-Metodi di campionamento	**4160 Metodo iodometrico**	1-100 mg/L
Solfiti	1030-Metodi di campionamento	**4150 B Cromatografia ionica**	0,1-10 mg/L
Solfati (come SO_3)	1030-Metodi di campionamento	**4140 B Metodo torbidimetrico**	1-50 mg/L
pH	1030-Metodi di campionamento	**2060 pH**	
Temperatura	1030-Metodi di campionamento	**2100 Temperatura**	
Colore	1030-Metodi di campionamento	**2020 Colore**	
Odore	1030-Metodi di campionamento	**2'050 Odore**	
Materiali grossolani	1030-Metodi di campionamento	**2090 Solidi**	
Solidi sospesi totali	1030-Metodi di campionamento	**2090 Solidi**	
Grassi e olii animali/vegetali	1030-Metodi di campionamento	**5160 A1 Metodo gravimetrico**	> 10 mg/L
Escherichia coli	1030-Metodi di campionamento	**7030 Escherichia coli**	
Saggio di tossicità acuta	1030-Metodi di campionamento	**8020 Daphnia**	

Principi del monitoraggio dei rifiuti solidi e dei fanghi

La vigente normativa nazionale che disciplina la gestione dei rifiuti prevede, per le determinazioni analitiche su campioni di rifiuto, l'impiego di metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale e/o internazionale.
I metodi ufficiali per la caratterizzazione dei rifiuti e dei fanghi sono quelli elaborati dal CEN ((European Committee for Standardization) e riportati nel BRef comunitario ripetutamente citato nel presente documento.

Relativamente al campionamento dei rifiuti, è da sottolineare la norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati", indicata nelle ultime disposizioni legislative di settore (si veda il Decreto n. 161 del 12 giugno 2002 e il DM 13 marzo 2003).

I criteri di classificazione dei rifiuti sono anch'essi normati a livello europeo dalle Direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi, 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti da imballaggio, dalle Decisioni comunitarie 2001/573/CE, 2001/119/CE, 2001/118/CE, 2001/532/CE.

Principi del monitoraggio del suolo

Lo scopo di un piano di monitoraggio quale obiettivo di protezione della qualità del suolo dalla contaminazione che può derivare dalle attività industriali in accordo con la direttiva IPPC, è quello di fornire un flusso costante di dati omogenei comparabili delle principali caratteristiche fisiche chimiche e biologiche dei suoli, per evidenziare eventuali modifiche di importanti funzioni o caratteristiche, e prevedere con un certo anticipo la possibile insorgenza di fenomeni di degrado o inquinamento.
È bene riportare qui che l'autorizzazione integrata ambientale, ai sensi dell'IPPC, non comprenderà anche gli atti autorizzativi inerenti i procedimenti di bonifica dei suoli contaminati. Le indicazioni che saranno presentate in questo capitolo, pertanto, avranno solo la finalità di fornire un ausilio ad una eventuale operazione di caratterizzazione della matrice suolo finalizzata alla verifica del successo delle iniziative di prevenzione e contenimento dei rilasci dell'impianto.
Nell'ambito di una completa applicazione della direttiva IPPC è importante giungere gradualmente ad una metodologia di valutazione in grado di misurare con appropriata periodicità alcuni parametri del suolo.
Nell'ottica della predisposizione di linee guida è opportuno considerare la necessità di impiegare una serie di protocolli operativi differenziati in base ai diversi fenomeni di potenziale inquinamento del suolo da monitorare; ciascuno dei quali preveda adeguate procedure per l'individuazione, il prelievo e l'analisi dei campioni, l'elaborazione e l'interpretazione dei risultati, etc.
In particolare in relazione alla potenziale sorgente contaminante è opportuno definire :

- la selezione dei suoli e dei punti di monitoraggio;
- la descrizione dei tempi e delle modalità di campionamento, trasporto e conservazione dei campioni, preparazione dei campioni per le analisi;
- la scelta delle metodiche analitiche e dei criteri di valutazione della qualità delle analisi;
- la definizione delle modalità di validazione ed elaborazione statistica dei dati.

La conoscenza ambientale del suolo

Una adeguata conoscenza ambientale del suolo per la progettazione di un sistema di monitoraggio basato sulle relazioni pressione-impatto derivanti dalle specifiche fonti di contaminazione si articola su differenti livelli:

- le informazioni di base sui suoli che possono essere riscontrate nelle carte dei suoli della zona interessata (qualora esistenti), che costituiscono un elemento indicativo per l'interpretazione dei risultati,
- le informazioni relative all'uso del suolo (ricavabili anche mediante telerilevamento), per meglio comprendere le influenze sul suolo esercitate dai diversi tipi di attività produttive
- la determinazione degli inquinanti potenzialmente derivanti dalle attività produttive presenti e alcune caratteristiche essenziali dei terreni (carbonio organico, CSC, pH) che possono fornire una importante base conoscitiva, per la previsione della mobilità ambientale dei contaminanti presenti.

Ciascuno di questi livelli si presenta come una fase di realizzazione distinta del monitoraggio che integrandosi con le altre contribuisce all'interpretazione dei fenomeni di degrado del suolo.

Obiettivi del monitoraggio

Gli obiettivi del monitoraggio in ambito IPPC possono essere articolati in diversi passaggi:

- la conoscenza delle attuali caratteristiche e proprietà dei suoli;
- il monitoraggio nel tempo (breve e lungo periodo) ed in situazioni diverse della presenza di particolari sostanze contaminanti, inorganiche ed organiche, nel suolo;
- la valutazione dei cambiamenti delle caratteristiche e proprietà del suolo, come conseguenza della presenza di forme di degrado ed inquinamento;
- lo sviluppo di modelli per la previsione delle evoluzioni future e che possono essere estesi nell'ambito di situazioni omogenee.

Criteri per l'individuazione dei punti di prelievo

L'individuazione del numero, della posizione e dell'organizzazione dei punti di prelievo in cui effettuare le misure rappresenta un punto critico nella predisposizione della attività di monitoraggio. Le aree prescelte dovranno essere sufficientemente ampie per essere rappresentative dell'intera superficie da monitorare, in relazione alla sorgente inquinante.
Il monitoraggio del suolo prevede due aspetti paralleli da considerare:

- la caratterizzazione sistematica della zona prescelta per la determinazione di alcuni parametri fondamentali che caratterizzano il tipo di suolo. In questo caso il piano di campionamento può essere predisposto mediate una maglia regolare per verificare l'omogeneità dei terreni. E' l'approccio più adatto per la definizione del livello di fondo ("background level") per i diversi elementi chimici, inorganici e organici;
- l'individuazione di aree rappresentative in cui eseguire un monitoraggio intensivo e permanente di parametri specifici (ad esempio di inquinanti che possono essere apportati con le ricadute atmosferiche) in situazioni di sospetta contaminazione del suolo. In questo caso il piano di campionamento dovrebbe prevedere una sovrapposizione di una maglia regolare con una ragionata in relazione alla distribuzione sul territorio delle sorgenti di inquinamento derivanti dalle specifiche attività industriali presenti. Con questo approccio è possibile acquisire un livello di conoscenze più approfondite sulle dinamiche dei fenomeni di inquinamento.

Si deve in ogni caso considerare che la concentrazione degli inquinanti nel suolo può derivare oltre che dalla specifica attività industriale presente anche dal contenuto di background risultante dai processi pedologici di formazione del terreno, e dal contributo derivante da fonti diffuse di contaminazione.
Nell'impossibilità di stabilire uno schema di campionamento valido per ogni situazione, è possibile comunque far riferimento ai criteri generali riportati negli allegati al decreto del Ministro dell'Ambiente n. 471 dell'anno 1999.

I punti di prelievo sono posizionati utilizzando una griglia regolare; l'intervallo tra i punti della griglia dipende dal dettaglio con cui si desidera conoscere il livello di contaminazione.
Poiché la contaminazione di origine antropica interessa principalmente lo strato superficiale, la concentrazione dovrebbe essere misurata in tale strato (0 –10 o 0 – 20 cm). Per avere un confronto con i valori di background, è opportuno misurare i diversi parametri anche in un'area teoricamente non interessata dalle attività industriali in prossimità dalla zona interessata dalle attività di monitoraggio specifico.

Metodiche di analisi

Le metodiche analitiche per i parametri caratteristici del suolo sono riportate nella tabella seguente. È opportuno tenere sempre ben in considerazione la differenza tra metodi elaborati dagli organismi scientifici, che rappresentano un contributo alla conoscenza scientifica nel settore, e metodi previsti dalla legislazione, essendo questi ultimi un obbligo per coloro che sono soggetti alla normativa medesima.
Risulta ovvio al lettore che l'aggiornamento del quadro seguente è valido alla data di emanazione della presenta linea guida e che nuovi metodi potrebbero in futuro essere adottati dalla normativa nazionale di riferimento.

<table>
<tr><th></th><th>Parametri</th><th>Metodica</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Tipo e struttura del suolo</td><td></td><td rowspan="3">Metodo II.1, II.2, II.3, II.4, II.5, II.6 Metodi ufficiali di analisi chimica dei suoli (Supplemento Ordinario G.U. n° 248 del 21.10.1999)</td></tr>
<tr><td>Tessitura</td></tr>
<tr><td>Scheletro</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Parametri chimici</td><td>Sostanza organica</td><td>Metodo VII.1, VII.2, VII.3</td></tr>
<tr><td>C.S.C.</td><td>Metodo XIII.1, XIII.2</td></tr>
<tr><td>pH</td><td>Metodo III.1</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Contaminazione</td><td>Metalli Pesanti</td><td>Metodo XI.1, XI.2, XI.3 Metodi ufficiali di analisi chimica dei suoli (Supplemento Ordinario G.U. n° 248 del 21.10.1999)</td></tr>
<tr><td>Inquinanti organici</td><td>Le metodiche specifiche sono riportate nel Documento pubblicato nel 2000 dall'ANPA, attraverso il CTN SSC (Centro Tematico Nazionale "Suolo e Siti Contaminati).</td></tr>
</table>

Modalità di campionamento

I metodi di campionamento del suolo da utilizzare nell'ambito delle attività della rete di monitoraggio sono i Metodi Ufficiali di analisi del terreno approvati con D.M. 13/09/1999.
Metodo Ufficiale di Analisi Chimica del suolo SISS n. I.1 e I.2: Modalità di prelevamento di campioni di suolo da sottoporre ad analisi. Le modalità di prelievo devono essere stabilite in funzione del tipo di monitoraggio che è stato programmato. E' sempre opportuno registrare e geo-referenziare di volta in volta i punti di campionamento.
Riguardo alla profondità di campionamento, la scelta di quante e quali profondità considerare fa parte del piano di indagine e varia in funzione del fenomeno indagato.
Per il prelievo può essere sufficiente una paletta o una trivella.

Principi del monitoraggio del rumore

Il rumore ambientale si diversifica dagli altri agenti inquinanti per le due seguenti peculiari caratteristiche:

- solitamente è circoscritto ad aree prossime alle sorgenti sonore e quindi assume una rilevanza locale, non molto estesa nella maggior parte delle configurazioni ambientali, almeno per quanto concerne l'ambiente esterno che è quello di interesse per la procedura IPPC;
- non è persistente nel tempo, ossia cessa nel momento in cui si interrompe il funzionamento della sorgente sonora emittente.

Queste caratteristiche, ossia natura locale e stretta dipendenza dalla sorgente sonora, insieme alle risorse necessariamente limitate da impegnare nel rilevamento, concorrono a determinare le metodologie di rilevamento del rumore ambientale. Ad esempio stazioni di monitoraggio fisse e permanenti per lunghi periodi di tempo, anche alcuni anni, sono giustificate solo in specifiche circostanze, come ad esempio in prossimità degli aeroporti per il monitoraggio del rumore prodotto dalle operazioni di decollo ed atterraggio degli aeromobili ove è richiesta una sorveglianza continua per il rispetto delle procedure antirumore da parte degli aeromobili.

In generale sistemi di monitoraggio con stazioni fisse funzionanti per lunghi periodo di tempo nello stesso sito, in considerazione anche della loro complessità, delle esigenze di manutenzione e dei costi complessivi (acquisto, installazione ed esercizio), sono giustificati solo quando il rumore da monitorare presenti una elevata variabilità nel tempo, non solo nell'arco delle 24 ore ma anche su tempi più lunghi, e l'impatto sulla popolazione esposta sia di particolare rilevanza. Quest'ultimo deve essere valutato in funzione della percentuale di popolazione esposta al superamento dei valori limite legislativi e dell'entità del superamento stesso.

Normalmente il rumore prodotto dagli impianti industriali non assume caratteristiche di accentuata variabilità, ovvero sono riscontrabili fluttuazioni anche ampie del livello di pressione sonora ma in periodi ben definiti, spesso nell'arco delle 24 ore o dei cicli di produzione, che si ripetono nel tempo ad intervalli in qualche misura predeterminabili.

In queste circostanze piuttosto che impiegare sistemi di monitoraggio con stazioni fisse è più conveniente, senza peraltro pregiudicare eccessivamente la significatività del rilevamento, utilizzare stazioni agevolmente rilocabili o mobili destinate a rilevamenti a medio termine (solitamente su base giornaliera o settimanale).

Tecniche di campionamento

Nella pratica l'esigenza di contenere il tempo e le risorse di personale e di strumentazione da impegnare nel rilevamento comporta la necessità di impiegare tecniche di campionamento del rumore ambientale sia nello spazio sia nel tempo.

Relativamente al campionamento spaziale, la scelta dei punti di misurazione è vincolata prioritariamente dai requisiti prescritti dalla legislazione italiana (D.M. Ambiente

16/3/1998) secondo i quali il monitoraggio acustico deve essere eseguito in corrispondenza dei ricettori esposti. In ordine di priorità è opportuno privilegiare quelli acusticamente più critici sia per destinazioni d'uso (scuole, ospedali, case di cura e di riposo, abitazioni) sia per livelli di esposizione.

In merito all'aspetto temporale, la legislazione italiana (D.M. Ambiente 16/3/1998) definisce le seguenti grandezze:
tempo a lungo termine T_L, la cui durata è stabilita in relazione agli obiettivi dell'indagine e alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità ambientale nel lungo periodo; la durata di T_L può essere un anno, alcuni mesi o riguardare solo specifici periodi;
tempo di riferimento T_R, individuato all'interno di T_L rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misurazioni; si distinguono due T_R, quello diurno T_{Rd} (dalle ore 06 alle 22) e quello notturno T_{Rn} (dalle ore 22 alle 06);
tempo di osservazione T_O, collocato all'interno di ogni singolo tempo T_R e definibile in uno o più tempi T_O, non necessariamente di uguale durata tra loro, in ciascuno dei quali si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare; la durata di T_O può essere inferiore a quella di T_R dipendendo dal tempo di funzionamento della sorgente specifica di interesse; ad esempio se detta sorgente è operativa per 4 ore nel tempo di riferimento diurno il tempo T_O non sarà di 16 ore ma, al massimo, di 4 ore;
tempo di misurazione T_M, collocato all'interno di ciascun tempo T_O e definibile in uno o più tempi T_M, non necessariamente di uguale durata tra loro, ciascuno scelto in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misurazione sia rappresentativa del fenomeno.

A ciascuno dei tempi sopra elencati corrisponde il valore del livello continuo equivalente L_{Aeq} in dB(A), descrittore impiegato per caratterizzare la rumorosità ambientale. Detto valore può essere rilevato direttamente con un monitoraggio continuo per l'intero tempo di interesse o, più frequentemente, stimato sulla base di una serie di dati rilevati in prefissati intervalli di tempo, solitamente molto più brevi del tempo a cui è riferito il livello L_{Aeq}.
Tra i vantaggi del campionamento temporale vi è indubbiamente la riduzione delle risorse e del tempo impegnati nel rilevamento e la conseguente possibilità di aumentare il numero dei punti di misurazione a beneficio della risoluzione dell'indagine spaziale. Per contro diminuisce inevitabilmente l'accuratezza rispetto al dato ottenibile con il rilevamento continuo nel tempo, l'entità della quale è crescente con la variabilità del rumore e con la riduzione del tempo di misurazione.

Per un prefissato tempo totale di misurazione T_{Mtot} l'incertezza nella stima del livello $L_{Aeq,TO}$ diminuisce aumentando il numero dei tempi di misurazione parziali T_{Mi} componenti il tempo di misurazione T_{Mtot}. In altre parole è preferibile impiegare la tecnica del "microcampionamento", consistente nel frazionare per quanto possibile il tempo T_{Mtot} a disposizione, compatibilmente con le esigenze logistiche del rilevamento, in modo tale da ottimizzare il rilevamento della variabilità temporale del rumore nel tempo di osservazione ed acquisire i dati necessari per descrivere il rumore in termini statistici, piuttosto che con un unico valore, più pertinenti per una sua adeguata rappresentazione numerica.

In presenza di un considerevole insieme di ricettori distribuiti su una vasta area si ricorre spesso ad una procedura di rilevamento che si propone di ottimizzare il campionamento spazio-temporale del rumore. Essa consiste nell'individuare alcuni ricettori nei quali procedere a misurazioni in continuo per tempi medi (un giorno o una settimana), denominati "postazioni fisse". È preferibile che queste postazioni fisse siano ubicate in modo tale che il rumore ivi presente sia costituito prevalentemente da quello della sorgente sonora di interesse. Per i grossi impianti industriali, oggetto della procedura IPPC, è consigliabile che alcune delle postazioni fisse siano ubicate in prossimità del confine di proprietà dell'impianto al fine di determinare il contributo del rumore emesso dall'impianto alla rumorosità ambientale. Nei rimanenti ricettori, denominati "postazioni spot", si eseguono, invece, misurazioni per tempi brevi, meglio se ripetute secondo la tecnica del microcampionamento, eseguite in sincronia temporale con la/le postazioni fisse. Dalle differenze tra le misurazioni contemporanee eseguite nelle postazioni "fisse" e quelle "spot" si determina la funzione di trasferimento tra le postazioni, che in casi semplici si riduce ad un numero da sommare algebricamente. Mediante la funzione di trasferimento le misurazioni "spot" sono ricondotte ai valori per il lungo periodo al fine di ottenere un dato più stabile.

Finalità e caratteristiche del monitoraggio del rumore

Il monitoraggio del rumore immesso dagli impianti industriali in corrispondenza dei ricettori è finalizzato prevalentemente alla verifica di conformità con i valori limite stabiliti dalla legislazione, espressi in termini di livello continuo equivalente L_{Aeq} e diversificati per i tempi di riferimento diurno e notturno.

In particolare il rumore immesso dagli impianti industriali in corrispondenza dei ricettori deve rispettare i seguenti parametri:

- *valore limite di emissione*, più propriamente da intendersi come valore limite assoluto di immissione della sorgente specifica in esame;
- *valore limite assoluto di immissione*, valore massimo per il rumore ambientale (prodotto da tutte le sorgenti sonore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo) nell'ambiente esterno;
- *valore limite differenziale di immissione*, valore massimo della differenza tra rumore ambientale e residuo (rilevato in assenza della sorgente specifica in esame) nell'ambiente abitativo, purché quest'ultimo non si trovi in area esclusivamente industriale.

I primi due valori limite sono diversificati anche in funzione della destinazione d'uso dell'area in cui si trova il ricettore, distinta in sei classi: da quelle acusticamente più sensibili (scuole, ospedali, ecc.; classe I) a quelle meno critiche (aree esclusivamente industriali; classe VI).

La presenza di specifiche caratteristiche nel rumore (impulsività, componenti tonali) che lo rendono particolarmente disturbante comporta la penalizzazione del livello L_{Aeq} da applicare prima della sua verifica di conformità ai valori limite. Ne consegue che il monitoraggio e la strumentazione impiegata devono avere caratteristiche atte a consentire l'identificazione delle caratteristiche suddette.

Per la verifica di conformità al valore limite di emissione, il rumore immesso dalla sorgente specifica in corrispondenza del ricettore non è misurato direttamente, bensì come differenza tra il rumore ambientale e quello residuo. Al riguardo sono state sviluppate diverse procedure, di complessità crescente al diminuire dell'entità della differenza suddetta, codificate nella norma UNI 10855. In particolare si distinguono le situazioni ove la sorgente specifica è disattivabile, permettendo così di determinare il rumore residuo (sovente costituito dal rumore da traffico stradale), da quelle ove ciò non è praticabile, per le quali si ricorre a stime mediante modelli numerici della propagazione sonora, supportate da rilievi sperimentali in predeterminate posizioni, o a misurazioni in posizioni acusticamente analoghe. Queste procedure si applicano anche allorché risulta superato il valore limite assoluto di immissione e, conseguentemente, occorre identificare le sorgenti responsabili del superamento e l'entità della loro immissione sonora.

Nei rilevamenti in ambiente esterno il microfono deve essere collocato in corrispondenza del ricettore a 1 m dalla facciata dell'edificio o nello spazio fruibile dalle persone e ad un'altezza dal suolo scelta in accordo alla reale o ipotizzata posizione del ricettore stesso. I rilevamenti devono essere eseguiti in condizioni meteorologiche conformi alle prescrizioni del D.M. Ambiente 16/3/1998, ossia assenza di pioggia, neve, nebbia e velocità del vento inferiore a 5 m/s.

Per la verifica di conformità ai valori limite differenziali di immissione i rilevamenti negli ambienti abitativi devono essere eseguiti posizionando il microfono a 1,5 m dal pavimento e ad almeno 1 m da superfici riflettenti. Nella misura a finestre aperte il microfono deve essere posto ad 1 m dalla finestra e, in presenza di onde stazionarie, nella posizione più vicina ove si riscontra il massimo di pressione sonora. Nella misura a finestre chiuse il microfono deve essere collocato nella posizione ove si rileva il livello più alto di pressione sonora.

Importanti modifiche all'attuale assetto legislativo e alle metodologie di rilevamento saranno apportate a seguito dell'obbligo di recepire entro il 18/7/2004 la direttiva europea 2002/49/CE sulla determinazione e gestione del rumore ambientale. Questa direttiva, infatti, introduce nuovi descrittori per la rumorosità ambientale, ossia:

- il livello giorno-sera-notte L_{den}, utilizzato per descrivere la percentuale di popolazione fortemente disturbata;
- il livello notturno L_{night}, impiegato per descrivere l'interferenza del rumore sul sonno.

Questi descrittori, pur se basati sul livello continuo equivalente L_{Aeq}, si diversificano da quelli impiegati nella legislazione italiana vigente per i seguenti aspetti:

- diversa suddivisione delle 24 ore, con l'aggiunta di un periodo serale con durata variabile da 2 a 4 ore e conseguente riduzione della durata del periodo diurno;
- penalizzazione di 5 dB per il livello L_{Aeq} del periodo serale;
- valore dei descrittori rappresentativi su base annua e diversificati per tipologia di sorgenti sonore;
- rilevamento del suono incidente, con esclusione delle riflessioni dovute alle facciate degli edifici.

Requisiti della strumentazione

Pur essendo abbastanza diversificati tra loro, gli strumenti impiegati per il monitoraggio acustico comprendono almeno i seguenti componenti:

- microfono per la conversione della pressione sonora in segnale elettrico;
- preamplificatore microfonico per l'adattamento d'impedenza del segnale elettrico e l'eventuale alimentazione di tensione al microfono;
- fonometro o sistema di misura equivalente per l'elaborazione del segnale e per la determinazione e memorizzazione dei parametri acustici, tra i quali:
- il livello di pressione sonora, eventualmente ponderato in frequenza (curva "A") e rilevato con costanti temporali predefinite (Fast, Slow, Impulse);
- il livello continuo equivalente L_{Aeq} per il tempo di misurazione;
- i livelli statistici percentili L_N per descrivere la variabilità del rumore nel tempo di misurazione;
- lo spettro a bande di 1/3 di ottava per l'identificazione delle componenti tonali.

Le unità di monitoraggio presentano esigenze diverse a seconda se il rilevamento sia presidiato o meno dall'operatore. Nel monitoraggio non presidiato occorre adottare una serie di accorgimenti al fine di garantire l'esecuzione del rilevamento e la significatività dei dati acquisiti. Protezione della strumentazione dagli agenti atmosferici (soprattutto pioggia), da volatili stazionati sul microfono, da atti vandalici, da interruzione di alimentazione elettrica, da perdita di dati sono alcuni degli aspetti da considerare e che condizionano la configurazione e l'ubicazione dell'unità stessa.

La legislazione italiana prescrive che l'insieme microfono-preamplificatore-fonometro, o strumentazione equivalente, debba avere specifiche conformi alla classe I di precisione (± 0,7 dB), secondo le norme CEI EN 60651 e CEI EN 60804, ed essere dotato di certificato di taratura emesso da un centro SIT (Servizio Italiano di Taratura) con verifica di conformità biennale. Prima e dopo ogni ciclo di misurazione, inoltre, il sistema di rilevamento deve essere calibrato con il segnale di una sorgente sonora di riferimento; nelle unità di monitoraggio non presidiate operanti per più di 24 ore questa calibrazione può avvenire automaticamente a tempi preimpostati dall'utente.

Nel monitoraggio non presidiato, inoltre, le unità di rilevamento devono avere caratteristiche che permettono, in caso di incertezza, la validazione del dato acustico acquisito. A tale scopo è spesso impiegata l'attivazione automatica della registrazione sonora di eventi aventi certi requisiti, in termini di superamento di soglie e durate preimpostate dall'utente, che ascoltata successivamente consente di decidere se mascherare o meno l'evento stesso ai fini delle risultanze del monitoraggio.

G. IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE

Sistemi predittivi per il monitoraggio ambientale

In molti impianti di processo, quando non si può disporre in tempo reale di una misurazione diretta, si può ricorrere ai sensori software, che stimano, per mezzo di modelli di processo, le variabili principali, di maggiore interesse, a partire da quelle secondarie (quali portate, flussi e temperature) più facilmente accessibili. I sensori software possono essere applicati anche al monitoraggio delle emissioni. Essi permettono per avere un controllo continuo dei parametri ambientali, anche quando per motivi tecnici non sia possibile disporre di misurazioni analitiche in continuo delle concentrazioni di inquinanti nelle emissioni. I modelli utilizzati per i sensori software sono modelli basati sui dati sperimentali (modelli inferenziali). In pratica il modello predice il comportamento futuro estrapolandolo dal comportamento passato, senza fare nessuna ipotesi sulle cause di tale comportamento. Lo sviluppo di un modello prevede lo svolgimento di una campagna sperimentale per misurare i valori di emissione in un periodo che verrà assunto di riferimento. Le funzioni di combinazione dei parametri sono messe a punto automaticamente sulla base di un insieme rappresentativo di dati sperimentali (fase di addestramento). Una volta tarato il modello è messo alla prova e convalidato su un altro insieme di dati sperimentale (fase di validazione). La procedure di sviluppo del modello può essere definita "auto-validante" perché i dati sperimentali sono presenti in ogni fase di sviluppo.

I sistemi predittivi per il monitoraggio delle emissioni hanno ormai una discreta diffusione nei paesi, primi fra tutti gli Stati Uniti, dove da qualche anno sono stati accettati come strumento adatto a misurazioni con valore legale. L'esperienza recente dimostra che, dopo una fase essenzialmente sperimentale, i sistemi stanno ormai raggiungendo un buon grado di affidabilità. Dai risultati riportati nella letteratura più recente i sistemi predittivi, applicati in particolare a grandi impianti di combustione in regolare esercizio hanno scostamenti rispetto alle misure analitiche risultano entro valori del 6-7 percento, valori compatibili senz'altro compatibili con l'accuratezza e la precisione dei sistemi analitici. Le sperimentazione condotte presso impianti italiani danno una sostanziale conferma del dati di prestazione dei sistemi predittivi riportate in letteratura.

Per i minori costi d'investimento e di gestioni e per i più rapidi tempi di realizzazione ed installazione i sistemi predittivi possono essere presi in considerazione come una potenziale alternativa per il monitoraggio delle emissioni. Allo stato dell'arte la misurazione diretta, in continuo o meno, **non può comunque essere sostituita** da sistemi predittivi per gli impianti per i quali o esistono degli obblighi di legge o comunque vige una prassi autorizzativa consolidata. Negli impianti critici i sistemi predittivi possono svolgere la funzione di sistema complementare, da utilizzare nel periodo di non operatività del sistema analitico, di solito piuttosto prolungati a ragione della vulnerabilità della strumentazione analitica. Il vantaggio è quello di avere una copertura completa, senza dovere ricorrere a più costosi sistemi ridondanti.
Fra gli altri settori industriali, i sistemi predittivi potrebbero rappresentare anche una alternativa ai sistemi analitici nel caso degli impianti turbogas, in considerazione delle

caratteristiche di stabilità di tali impianti, che rispondono perfettamente alla modellazione inferenziale.
In altri settori industriali, nei casi in cui il monitoraggio analitico non sia obbligatorio, il monitoraggio predittivo può essere la soluzione appropriata; per attuare comunque un controllo più stringente di quello derivante dalle sole misurazioni periodiche, senza gravare sui costi in modo irragionevole.
Anche nel caso in cui si vogliano monitorare le emissioni di particolari inquinanti per i quali non esiste ancora una strumentazione analitica in linea, i sistemi predittivi costituiscono la migliore integrazione delle misure analitiche fuori linea.
I sistemi predittivi risultano, inoltre, particolarmente adatti per l'applicazione ad impianti già esistenti, per i quali l'installazione di sistemi analitici richiederebbe oneri aggiuntivi non sostenibili.
Condizione essenziale per l'accettazione di un sistema predittivo è, in ogni caso, che il gestore possa documentare sulla base dei dati delle campagne sperimentali il grado di affidabilità del sistema proposto nei confronti della misurazione analitica di riferimento.

I costi per la realizzazione e la gestione di un sistema di monitoraggio dipendono ovviamente dalla tipologia impiantistica. Riferendosi ad una centrale termoelettrica per produzione di base si può considerare che il costo iniziale di un sistema predittivo equivalente é di circa 150.000 € (stimabile all'incirca nella metà di quello di uno SME equivalente). I costi comprendono la strumentazione per le campagne sperimentali (addestramento e validazioni), i costi del software, dell'hardware e delle reti dati.
In linea di massima anche per le altre tipologie industriali l'investimento iniziale per un sistema predittivo è circa la metà del costo di uno SME analitico. Il vantaggio maggiore del sistema predittivo è però nell'esercizio. Infatti mancando i costosi e delicati analizzatori in linea vi è un drastico taglio dei costi di manutenzione.
Per lo sviluppo di un sistema predittivo come sistema di emergenza da affiancare ad un sistema analitico i costi sono dimezzati, in quanto non occorre pensare alla strumentazione analitica per le campagne di misura, potendosi utilizzare direttamente i dati dello SME. Il vantaggio economico è costituito dalla possibilità di sostituire le apparecchiature di misura ridondanti in linea, che altrimenti sarebbero necessarie per evitare periodi di non disponibilità del sistema troppo prolungati.

In conclusione, negli impianti in cui viene richiesta l'installazione di uno SME ed occorre evitare periodi prolungati di non operatività del sistema, dovuti a manutenzione o a guasti della strumentazione analitica, una soluzione possibile è costituita dai sistemi predittivi, da utilizzare nel periodo di non operatività del sistema analitico. In questo modo si potrebbe raggiungere il grado di copertura temporale richiesto, senza dovere ricorrere a sistemi ridondanti.
Lo stesso BRef "Large Combustion Plant" (Draft 2, pag. 417) riporta che negli impianti turbogas, le cui caratteristiche di stabilità rispondono perfettamente alla modellazione inferenziale, i sistemi predittivi possono rappresentare una accettabile soluzione complementare ai sistemi analitici.
Nei casi in cui il monitoraggio analitico non sia obbligatorio, il monitoraggio predittivo può essere la soluzione appropriata, in associazione ad altri, per attuare comunque un controllo più stringente di quello derivante dalle misurazioni periodiche.

Nel caso in cui si vogliano monitorare le emissioni di inquinanti specifici per i quali non esista una strumentazione analitica in linea, i sistemi predittivi costituiscono una possibile integrazione delle misure analitiche fuori linea.

H. DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), DELLA LISTA DELLE MIGLIORI PRATICHE PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Premessa

La redazione di un piano di monitoraggio deve permettere sia la verifica di conformità alle condizioni prescritte dall'autorizzazione integrata ambientale sia un migliore reporting ambientale.

Le informazioni ed i dati ottenuti dal monitoraggio risultano utili sia per migliorare le prestazioni ambientali dell'impianto che per permettere l'accesso del pubblico non solo ai dati di emissione ma anche alle tecniche utilizzate.

In linea con le conclusioni del BRef comunitario, gli aspetti essenziali da identificare per predisporre un piano di controllo efficace, sia per il gestore dell'impianto che per l'autorità competente, sono di seguito elencati:

- perché effettuare il monitoraggio e controllo
- chi effettua il monitoraggio e controllo (soggetti responsabili)
- cosa si deve monitorare (parametri tecnici d'impianto, valori di emissioni)
- come si effettua il controllo (punti di campionamento, frequenza, metodologie accettate internazionalmente per il campionamento e le analisi qualitative e quantitative)
- come esprimere i risultati del controllo (unità di misura)
- come gestire le incertezze (limitare le ambiguità)
- come valutare la conformità.

Poiché queste fasi sono correlate tra loro, la qualità raggiunta in ciascuna fase influenza tutte le fasi successive.
Pertanto nella predisposizione del piano di monitoraggio e controllo è opportuno osservare con particolare cura tutte le raccomandazioni di seguito riportate.

Identificare la finalità del monitoraggio e controllo

Il piano di monitoraggio e controllo viene realizzato allo scopo di raccogliere informazioni non conosciute. Le informazioni ottenute possono essere utilizzate per molteplici scopi, quali ad esempio:

- dimostrare la conformità dell'impianto alle prescrizioni dell'autorizzazione integrata ambientale
- realizzare un inventario delle emissioni
- valutare le prestazioni dei processi e delle tecniche
- valutare l'impatto ambientale dei processi
- supportare eventuali processi di negoziazione
- identificare possibili parametri surrogati per il monitoraggio dell'impianto
- pianificare e gestire un aumento dell'efficienza dell'impianto

- fornire elementi per meglio indirizzare le ispezioni e le azioni correttive da parte dell'autorità competente.

È importante dunque pianificare gli obbiettivi da raggiungere prima di avviare un'azione di monitoraggio e controllo; la pianificazione dovrebbe includere considerazioni sui punti da sviluppare, gli obblighi delle parti, l'utilizzo e gli utilizzatori dei dati.

Stabilire chiaramente le responsabilità (chi deve effettuare il monitoraggio e controllo)

Il monitoraggio può essere esercitato direttamente dal gestore ovvero appaltato ad un soggetto esterno. Nel caso che si utilizzi una terza parte, la responsabilità della qualità del monitoraggio resta sempre al gestore.
Nel suddividere i compiti tra le parti è essenziale che le responsabilità siano dettagliatamente assegnate così che vi sia pieno accordo sulla suddivisione del lavoro e degli incarichi.
E' buona pratica che tali dettagli includano i seguenti punti:

- le responsabilità assegnate al gestore;
- le responsabilità gestite da una parte terza e per conto di chi esercita;

È essenziale che chi produce i dati raggiunga non solo un alto livello di qualità mediante metodi rigorosi e standards riconosciuti, ma ne dimostri la qualità agli utenti di tali dati.
L' autorità competente, al fine di confidare sulle capacità di autocontrollo del gestore, deve stabilire appropriati requisiti di qualità, fissare le opportune salvaguardie, prevedere attività di revisione e richiedere l'utilizzo di metodi standard e di strumentazione, personale e laboratori, se possibile, accreditati. Buona norma sarebbe l'utilizzo di una terza parte per verificare che il personale, gli strumenti e i laboratori siano conformi agli standards specificati dall'autorità competente. Quest'ultimo requisito può indurre aumenti dei costi anche se aumenta la fiducia nella qualità del risultato.

Stabilire cosa monitorare

I parametri che si vuole tenere sotto controllo dipendono ovviamente dai processi di produzione, dalla materia prima in ingresso a tali processi, dalle sostanze che vengono adoperate. Il fine ultimo è ovviamente quello di fornire all'autorità competente le informazioni necessarie alle verifiche di conformità alle prescrizioni contenute nell'autorizzazione (emissioni e loro variabilità nel tempo) ma un buon espediente spesso adottato nelle aziende è quello di scegliere tali parametri in modo che il monitoraggio serva anche ai fini del controllo d'esercizio dell'impianto per cui spesso il numero di parametri per i quali viene fissato un piano di monitoraggio e controllo è decisamente superiore al numero di parametri elencati nell'autorizzazione.
Generalmente è possibile individuare, nell'ambito dei processi in atto, differenti livelli di rischio per l'ambiente. Ad essi devono corrispondere vari livelli di regime di monitoraggio sia in termini di ampiezza che di intensità e frequenza degli stessi.

Stabilire come monitorare

Si possono applicare vari metodi per controllare la variazione di un parametro:

- misure dirette
- parametri surrogati, chiamati anche parametri di emissione rilevanti
- bilanci in massa
- fattori di emissione
- altri metodi di calcolo.

La scelta di uno di questi metodi (ovvero di una loro combinazione) deve discendere da un bilancio tra disponibilità, costi e benefici ambientali del metodo scelto.
Dal punto di vista della metodologia adottata, il monitoraggio utilizzabile può essere:

- strumentale diretto e continuo del parametro d'interesse, tramite analizzatori installati sui camini attraverso campionamento ed analisi in linea; l'utilizzo di questa tecnica è indicata nei casi in cui vi siano alti flussi volumetrici associati ad elevate variazioni delle concentrazioni dei contaminanti presenti;
- indiretto tramite correlazione tra alcuni parametri chimico/fisici di processo monitorati strumentalmente in continuo (parametri surrogati) e le emissioni ad essi correlate, come ad esempio il contenuto di zolfo nel combustile liquido/gassoso e le corrispondenti emissioni nei fumi dai camini; anche questa tecnica viene diffusamente adottata nei casi di flussi volumetrici, alti o bassi, associati a variabilità delle concentrazioni dei contaminanti; può esser ritenuta equivalente al monitoraggio in continuo qualora si disponga, tuttavia, di una correlazione predittiva rappresentativa ed accurata e nei casi in cui non ci sia interposta tra la caldaia ed il camini un dispositivo di abbattimento (la cui efficienza può essere stimata ma difficilmente correlata con esattezza a parametri impiantistici);
- strumentale diretto di tipo discontinuo; si effettua normalmente tramite misure periodiche su ridotta base temporale, per verifiche saltuarie di emissioni poco variabili o per verifiche dei risultati ottenuti tramite le metodologie di monitoraggio descritte nei suddetti casi;
- monitoraggio indiretto basato sull'utilizzo di fattori di emissione o bilanci di massa; è una forma di controllo indiretto spesso usato ex-post per tecniche di valutazione a consuntivo.

Fissare chiaramente come esprimere i risultati del monitoraggio

C'è sempre una corrispondenza tra le finalità del monitoraggio e la scelta delle unità di misura in cui esprimere il risultato. Ci sono differenti tipologie di unità di misura. Esse possono essere riassunte nei seguenti punti:

- dati espressi in concentrazione (massa per unità di volume ovvero volume per unità di volume) generalmente utili per il controllo della prestazione di un processo o di una tecnologia di depurazione; sono le unità spesso adoperate anche nelle autorizzazioni;
- dati espressi in carico totale di inquinante su un certo tempo (massa per unità di tempo) generalmente utili per rappresentare il carico complessivo sull'ambiente; in un tempo breve (ora, giorno) sono spesso usati nelle autorizzazioni, mentre in tempi più lunghi (mesi, anno) sono largamente usati a fini di raccolta dati caratteristici

dell'impatto nel lungo termine (come il flusso informativo che alimenta il registro delle emissioni)

- dati espressi in unità specifiche ovvero fattori di emissione (massa per unità di peso di prodotto) generalmente adoperate per confrontare tra di loro, sotto il profilo ambientale, processi differenti ovvero ancora per valutare l'andamento in tempi lunghi di un processo produttivo;
- dati espressi in unità termiche (gradi piuttosto che potenza termica) generalmente utili per le capacità di distruzione di processi basati su rilevante input termico (come nel caso degli inceneritori);
- dati espressi in unità normalizzate (tipicamente per gli effluenti gassosi) generalmente adoperati per rendere non ambigue le prescrizioni espresse nelle altre unità facendo riferimento a condizioni standard.

Qualunque siano, comunque, le unità di misura scelte, per ciascuno dei parametri sotto osservazione, è assolutamente necessario riportarle nel piano di monitoraggio in modo molto chiaro per evitare ambiguità di interpretazione.
La procedura di quantificazione di un composto incognito in matrici diverse, effettuata tramite una o molteplici determinazioni, deve fornire inoltre un risultato che sia espresso da un valore univoco nelle opportune unità di misura, ottenuto se necessario come media, e che presenti lo stesso numero di cifre significative del limite espresso dalla normativa. Ad esempio, se il limite indicato per le polveri in emissioni è di 50 mg/Nm^3, se il metodo analitico fornisce dei valori di 49,1 mg/Nm^3 e di 49,6 mg/Nm^3 rispettivamente, nel primo caso il valore da riportare è 49 mg/Nm^3 e nel secondo caso 50 mg/Nm^3.

Gestire le incertezze

Il monitoraggio, se correttamente gestito, è un utile investimento con pratici benefici; è necessario tuttavia che i dati ottenuti siano realistici e comparabili.
È particolarmente importante essere coscienti delle incertezze associate con il proprio piano di monitoraggio, e per tutte le fasi che lo caratterizzano. Le incertezze pertanto devono sempre essere valutate e riportate chiaramente anche per consentire che il piano di monitoraggio sia correttamente utilizzato per le verifiche di conformità.
È altrettanto vero che le autorizzazioni dovrebbero chiaramente contenere anche le incertezze che sono concesse nella misura.
La stima dell'incertezza complessiva deve essere il risultato della valutazione di tutte le operazioni che costituiscono la catena di misurazione:

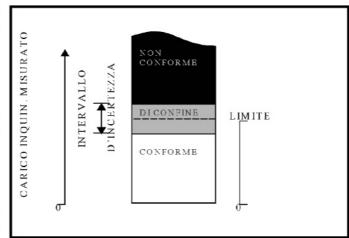
- incertezze nel metodo standard adottato (eventuale uso della statistica)
- incertezze nella catena di produzione del dato (misura del flusso, campionamento, trattamento del campione, analisi del campione, trattamento dei dati, reporting dei dati)
- incertezze dovute ad una variabilità intrinseca del fenomeno sotto osservazione (ad esempio la sensibilità alle condizioni atmosferiche)
- incertezze dovute all'eventuale uso di parametri surrogati.

È buona pratica che il piano di monitoraggio predisposto dal gestore indichi chiaramente il modo con cui si intende gestire tali incertezze e - se possibile - ridurle così come è buona pratica che l'autorità competente si esprima chiaramente su questo

aspetto, avallando la proposta ovvero suggerendo miglioramenti e identificando chiaramente i criteri di verifica della conformità.

Valutare la conformità

Dal confronto tra il valore misurato di un determinato parametro, con l'intervallo d'incertezza correlato, ed il corrispondente valore limite possono risultare tre situazioni tipiche (come illustrato nella figura:

- conformità (quando il valore misurato sommato alla quota parte superiore dell'intervallo d'incertezza risulta inferiore al limite)
- non conformità (quando avendo sottratto la quota parte inferiore dell'intervallo di incertezza si ottiene un valore superiore al limite)
- di prossimità al limite (la differenza tra valore misurato e valore limite è in valore assoluto inferiore all'intervallo d'incertezza).

Ovviamente è necessario che l'autorizzazione integrata ambientale contenga chiaramente gli elementi per decidere sulla conformità del valore misurato nella situazione che è stata identificata come "di prossimità".

Predisporre una relazione sull'esito del monitoraggio

La presentazione dei risultati comporta l'invio all'utente di dati in una forma chiara ed utilizzabile. Si può considerare buona pratica nella presentazione dei risultati, l'opportuna considerazione, in ragione della relazione che si sta predisponendo, dei seguenti punti:

- finalità della relazione; una chiara identificazione della finalità della relazione è importante per poter valutare l'impatto dei risultati;
- tendenze e confronti; le presentazioni dei risultati dovrebbero porre nel giusto contesto i dati, mostrando in modo opportuno le tendenze caratteristiche ed i confronti con siti o con normative differenti; i grafici ovvero altre forme di rappresentazione illustrata possono essere strumenti utili a supporto della presentazione dei risultati;
- importanza statistica; le relazioni possono indicare quale è l'importanza delle eventuali violazioni o delle variazioni in relazione all'incertezza delle misure e alla variabilità dei parametri di processo;

- risultati strategici; relazioni di taglio strategico e nazionale possono fornire evidenze di conformità nell'ambito di varie politiche, attività, tecnologie, recettori ambientali ed aree geografiche:
- software e analisi statistiche; la relazione sui risultati del monitoraggio dovrebbe sempre contenere dettagli sui codici di calcolo e sui metodi statistici che sono stati usati;
- archiviazione; i dati possono sempre essere archiviati sistematicamente in un archivio sicuro, in modo che i dati relativi al passato possano essere recuperati con facilità;
- sintesi non tecniche; le relazioni possono essere preparate anche per il pubblico usando un linguaggio non specialistico che possa essere compreso da non specialisti.

Glossario

Nei capitoli precedenti è emerso con chiarezza che il monitoraggio e controllo degli impianti industriali e di servizio è oggetto di trattazione in diverse norme e documenti a livello dell'Unione Europea e dello Stato Italiano.
Solo limitandosi ai glossari della Direttiva IPPC, dei BRefs, dei documenti della rete IMPEL e della normativa italiana, quella relativa ad IPPC ma anche quella che regola le tematiche settoriali, è facile verificare quanto il novero dei termini che riguarda questo tema sia ampio e non sempre consistente.
Poiché la elaborazione del presente documento non è certo la sede idonea per individuare la soluzione a questa complessa situazione, il suo glossario riportato nel successivo paragrafo "Definizioni" è stato volutamente limitato ai soli termini essenziali e necessari per trattare il monitoraggio nel processo di rilascio dell'AIA nelle varie fasi che caratterizzano la vita di un impianto.
Per i termini che sono stati presi integralmente da norme o documenti, viene riportata esplicitamente la fonte.
Gli altri termini sono invece una rielaborazione o, come nel caso del "Piano di controllo", una originale elaborazione del GTR.
Ove ritenuto opportuno al temine è associato uno o più "sinonimi".
Infine, a parziale completamento, per i termini di più specifica valenza tecnica ed operativa si rimanda:

- al glossario della versione italiana del "BRef monitoring";
- al successivo elenco delle abbreviazioni e degli acronimi.

Definizioni

Autocontrollo (*automonitoraggio*): Monitoraggio eseguito dal gestore in accordo con il piano di controllo stabilito nella/e autorizzazione/i. Può includere il monitoraggio delle emissioni, dei parametri di processo e degli impatti sull'ambiente recettore. E' effettuato in a protocolli di misura riconosciuti (norme o metodi analitici dimostrati o metodi di calcolo/stima). I gestori possono anche affidare il loro autocontrollo ad un soggetto esterno.

Autorità competente: (si intende qui competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale) la medesima autorità statale competente al rilascio del provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale ai sensi della vigente normativa o l'autorità individuata dalla regione, tenuto conto dell'esigenza di definire un unico procedimento per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale.

Autorità di controllo: è in generale l'autorità competente per l'effettuazione dei controlli ambientali ovvero le agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente incaricate dall'autorità competente, ove previsto, di accertare la corretta esecuzione del piano di controllo e la conformità dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA.

Autorizzazione Integrata Ambientale (*permesso*): una decisione scritta (o più decisioni) o parte di essa che contiene l'autorizzazione a gestire tutto o una parte

dell'impianto, fissando le condizioni che garantiscono che l'impianto sia conforme ai requisiti della Direttiva 96/61/CE. Una autorizzazione/permesso può coprire uno o più impianti o parti di impianti nello stesso sito gestiti dallo stesso operatore

Gestore *(esercente)*: qualsiasi persona fisica o giuridica che detiene o gestisce l'impianto

Impianto: unità tecnica permanente dove vengono svolte una o più attività elencate nell'Allegato I della Direttiva IPPC, e ogni altra attività direttamente associata che abbia una relazione tecnica con le attività intraprese in quel sito e che potrebbe avere conseguenze sulle emissioni e sull'inquinamento.

Ispezione (*visita ispettiva*): attività del piano di controllo, attribuita all'Autorità di controllo e caratterizzata da una certa periodicità, che può comportare:

- visite dei siti;
- controllo del raggiungimento degli standard di qualità ambientale;
- valutazione dei report e delle relazioni registrate a seguito delle verifiche ambientali,
- valutazione e verifica di ogni automonitoraggio svolto da, o per conto di, gestori; sugli impianti sottoposti a controllo;
- valutazione delle attività e operazioni eseguite sugli impianti sottoposti a controllo,
- analisi dei dati rilevanti raccolti dal gestore e della corretta trasmissione all'autorità competente.

L'ispezione comporta sempre:

- la redazione della relativa relazione;
- la conservazione dei dati in data base.

Monitoraggio: controllo sistematico delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di un'emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica ecc. Ciò si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

Piano di controllo: è l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto o di uno stabilimento, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella/e autorizzazione/i.

Sistema di monitoraggio delle emissioni (SME): sistema per la misura delle grandezze, relative alle emissioni, in grado di espletare le seguenti funzioni: campionamento ed analisi, acquisizione, validazione, elaborazione automatica ed archiviazione dei dati.

Sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SMCE): è un sistema di monitoraggio delle emissioni che opera in continuo.

Stabilimento (*sito*): tutta l'area sottoposta al controllo di un gestore, nella quale sono presenti uno o più impianti, comprese le infrastrutture o le attività comuni o connesse.

Abbreviazioni ed acronimi

AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
ASTM	American Society for Testing and Materials
BAT	Best Available Techniques
BOD	Domanda Biochimica di Ossigeno
BRef	BAT Reference Document
CEN	European Committee for Standardization
CFC	Cloro Fluoro Carburi
COD	Domanda Chimica di Ossigeno
DOAS	Differential Optical Absorption Spectrometry (spettrometria ad assorbimento ottico differenziale)
EDF	Emissioni Diffuse e Fuggitive
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EPA	Environmental Protection Agency
EPER	European Pollutant Emission Register
FID	Flame Ionization Detector
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier)
GC-MS	Gas Cromatography – Mass Spectrometry
HPLC	High Pressure Liquid Cromatography
IAR	Indice di Accuratezza Relativo
IMPEL	European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	International Standard Organization
LPER	Localizzazione Perdite e Riparazione (Leak Detection and Repair)
MTD	Migliori Tecniche Disponibili
MRC	Materiali di Riferimento Certificati
NDIR	Non Dispersive Infra Red
NDUV	Non Dispersive Ultra Violet
SGA	Sistema di Gestione Ambientale
SME	Sistema di Monitoraggio delle Emissioni
SMCE	Sistema di Monitoraggio in Continuo delle Emissioni
TOC	Carbonio Organico Totale
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione
UV	Ultra Violet
VLE	Valore Limite di Emissione

Allegato III

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

1.3 *Cokerie.*

2.2 *Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora.*

2.3 *Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:*

a) *laminazione a caldo con una capacità superiore a 20 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;*

b) *forgiatura con magli la cui energia di impatto supera 50 kJ per maglio e allorché la potenza calorifica è superiore a 20 MW;*

c) *applicazione di strati protettivi di metallo fuso con una capacità di trattamento superiore a 2 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;*

2.4 *Fonderie di metalli ferrosi con una capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno.*

PRODUZIONE E TRASFORMAZIONE DEI METALLI FERROSI

LINEE GUIDA PER LE BAT

1. Identificazione della normativa ambientale rilevante di settore

1.1 Quadro generale

Di seguito sono riportati i riferimenti normativi che interessano il settore della produzione e trasformazione dei metalli ferrosi nei riguardi degli aspetti ambientali.
La tabella riporta sia la normativa che si riferisce direttamente agli impianti industriali, che quella che si riferisce a tematiche più generali, come la qualità dell'aria, i cambiamenti climatici, ecc.
In considerazione della vastità dell'argomento, sono state prese in considerazione soltanto le disposizioni europee e nazionali; alcune norme europee non ancora recepite sono state messe in evidenza (*). Sempre per motivi di sintesi,la corrispondenza fra gli articoli della normativa e gli specifici impianti per la produzione e trasformazione dei metalli ferrosi sono stati elencati a parte e riportati in allegato (1).

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti	
Riferimento normativo	***Oggetto***
D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203	Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 140 del 16 giugno 1988, S.O.).
D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988)[1]	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)
D.M. 12 luglio 1990[1]	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.).
D.P.R. 25 luglio 1991[1]	Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989 (G.U. n. 175 del 27 luglio 1991)
L. 15 gennaio 1994, n. 65	Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992 (G.U. n. 23 del 29 gennaio 1994, S.O.)
D.M. (Ambiente) 15 aprile 1994	Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 20 maggio 1991 (G.U. n. 107 del 10 maggio 1994)
D.M. (Ambiente) 7 febbraio 1995	Modalità e contenuti delle domande di concessione e/o di autorizzazione all'installazione di impianti di lavorazione o di deposito di oli minerali (G.U. n. 56 dell'8 marzo 1995)
D.P.C.M. 14 novembre 1995	Recepimento della direttiva 93/12/CEE relativa al tenore dello zolfo di taluni combustibili liquidi (G.U. n. 279 del 29 novembre 1995)
D.M 21 dicembre 1995	Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali (G.U. n. 5dell'8 gennaio 1996)

D. Lgsl. 4 agosto 1999, n.351	Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria (G.U. n. 241 del 13-10-1999)
D.M. (Ambiente) 25 febbraio 2000, n. 124	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del d.p.r. 24 maggio 1998 n. 203 e dell'art. 18, comma 2, lettera a), del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 114 del 18 maggio 2000).
D. M. 25 agosto 2000	Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203. (G.U. n. 223 del 23 settembre 2000, S.O.)
Decisione del consiglio del 4 aprile 2001(1)	Approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti (2001/379/CE) (GUCE n. L 134/41 del 17/15/2001)
D.M. (Ambiente) 4 giugno 2001	Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337 (G.U. n. 205 del 4 settembre 2001)
D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395	Recepimento della direttiva 99/ 32/ CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)
D.P.R. 26 ottobre 2001, n. 416(1)	Regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto, ai sensi dell'articolo 17, comma 29, della legge n. 449 del 1997 (G.U. n. 277 del 28 novembre 2001)
Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 10 dicembre 2001(*)(1)	Istituisce una disciplina per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio (Documento 501PC0581, fornito in data 10/12/2001)
DPCM 8 marzo 2002	Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 60, 12 marzo 2002, Serie Generale)
D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Recepimento della direttiva 1999/ 30/ CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/ 69/ CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (S.O. 77/ L alla G.U. n. 87 del 13 aprile 2002)
L. 1 giugno 2002, n. 120	Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione – Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997 (S.O. 129/ L alla G.U. n. 142 del 19 giugno 2002)
Posizione comune (CE) n. 28/2003, del 18 marzo 2003	Posizione comune definita dal Consiglio, deliberando in conformità della procedura di cui all'articolo 251 del trattato che istituisce la Comunità europea, in vista dell'adozione di una direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE) (G. U. n. C 125 E del 27/05/2003)

Inquinamento delle acque e consumo idrico	
Riferimento normativo	***Oggetto***
D. Lgs. del 12 luglio 1993, n. 275	Riordino in materia di concessione di acque pubbliche (G. U. 5 agosto 1993, n. 182)
Legge 5 gennaio 1994, n. 36	Disposizioni in materia di risorse idriche (G. U. 19 gennaio 1994, n. 24)
D.P.R. 18 febbraio 1999, n. 238	Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della L. 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche (G.U. n. 173 del 26 luglio 1999).

D. Lgs. 11 maggio 1999, n. 152	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (G.U. n. 124 del 29 maggio 1999, S.O.). *(Il testo aggiornato, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto 18 agosto 2000, n. 258 è pubblicato nel S.O. 172/ L alla G.U. n. 246 del 20 ottobre 2000)*
D. Lgs. del 18 agosto 2000, n. 258	Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo I, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128. (Pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 218 del 18 settembre 2000)
D. M. (Finanze) del 24 novembre 2000	Aggiornamento dei canoni annui per l'utenza di acqua pubblica di cui all'art. 18, commi 1 e 2, della legge 5 gennaio 1994, n. 36. (G.U. del 28 dicembre 2000 n. 301)
Decreto 6 novembre 2003, n.367	Regolamento concernente la fissazione di standard di qualita' nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. (GU n. 5 del 8-1-2004)

V.I.A. e gestione integrata dell'inquinamento (IPPC)

Riferimento normativo	Oggetto
Direttiva 337/85/CEE[1]	Direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Recepita parzialmente con D.P.C.M. del 10 agosto 1988 n. 377; il recepimento si completa con legge del 22 febbraio 1994, n. 146 (art. 40) e con D.P.R. del 12 aprile 1996 (G.U.C.E. n. L 175 del 5 luglio 1985)
LEGGE 8 luglio 1986, n. 349[1]	Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 162, 15 luglio 1986, S. O.)
D.P.C.M. del 10 agosto 1988 n. 377	Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 204 del 31 agosto 1988).
D.P.C.M. 27 dicembre 1988[1]	Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 (G.U. n. 4 del 5 gennaio 1989).
D.M. (Sanità) 5 settembre 1994[1]	Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie (G.U. n. 220 del 20 settembre 1994, S.O.)
D.P.R. del 12 aprile 1996[1]	Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale (G.U. n. 210 del 7 settembre 1996)
Dir. 96/61/CE (IPPC)[1]	Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento. Recepita parzialmente con D.P.C.M. del 4 agosto 1999 n. 372. (GUCE n. L 257 del 10/10/1996)
Direttiva 97/11/CE del 3 marzo 1997[*][1]	Modifiche della direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (G.U.C.E. n. L 73 del 14 marzo 1997)
D.P.R. 11 febbraio 1998	Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6 (G.U. n. 72 del 27 marzo 1998)
D. lgs 4 agosto 1999, n. 372[1]	Attuazione della direttiva 96/ 61/ CE relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento – IPPC (G.U. n. 252 del 26 ottobre 1999)
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348	Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere (G.U. n. 240 del 12 ottobre 1999)
D.P.C.M. 3 settembre 1999	Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale (G.U. n. 302 del 27 dicembre 1999)

Decisione 2000/ 479/ CE del 17 luglio 2000 della Commissione[1]	Attuazione del Registro europeo delle emissioni inquinanti (EPER) ai sensi dell'art. 15 della direttiva 96/ 61/ CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (G.U.C.E. L 192 del 28 luglio 2000)
D.M. (ambiente) 23 novembre 2001	Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES) (S.O. 29 alla G.U. n. 37 del 13 febbraio 2002)
D.M. (ambiente) 26 aprile 2002[1]	Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999 (G.U. n. 126 del 31 maggio 2002)
Legge n. 39 del 1 marzo 2002	Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europea (S. O. n. 54 alla Gazzetta Ufficiale n. 72 del 26 marzo 2002)
DECRETO 19 novembre 2002	Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999. (GU n. 302 del 27 dicembre 2002)
D.M. (ambiente) 23 novembre 2001	Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 (S. O. n.29 alla G. U. n. 37 del 13 febbraio 2002)

Inquinamento acustico e controllo delle emissioni sonore da impianti a ciclo continuo	
Riferimento normativo	***Oggetto***
D.P.C.M. 1° marzo 1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991).
L. 26 ottobre 1995, n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995, S.O.).
D.M. (Ambiente) 11 dicembre 1996	Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo (G.U. n. 52 del 4 marzo 1997)
D.P.C.M. 14 novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 1° dicembre 1997)
D.M (Ambiente) 16 Marzo 1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U. n. 76 del 1° aprile 1998)
Direttiva 2002/49/CE(*)	Relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.C.E. L 189 del 18 luglio 2002)

Emissioni e recupero di rifiuti	
Riferimento normativo	***Oggetto***
D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915	Attuazione delle direttive 75/442 relative a rifiuti, n. 86/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi (G.U. n. 343 del 15 dicembre 1982)
Delibera comitato interministeriale 27 giugno 1984	Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del D.P.R. 10 settembre 1982, n. 985, concernente lo smaltimento dei rifiuti (G.U. n. 253 del 13 settembre 1984, S.O.)
D.l. 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla L. 9 novembre 1988, n. 475	Disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali (G.U. n. 213 del 10 settembre 1988; G.U. n. 264 del 10 novembre 1988)
D.M. (Ambiente) 26 aprile 1989	Istituzione del catasto nazionale dei rifiuti speciali (G.U. n. 135 del 12 giugno 1989)
D.M. (Ambiente) 29 maggio 1991	Indirizzi generali per la regolamentazione della raccolta differenziata dei rifiuti solidi (G.U. n. 136 del 12 giugno 1991)
Direttiva 91/156/CEE del 18 marzo 1991	Modifica la direttiva 75/ 442/ CEE relativa ai rifiuti (G.U.C.E. L 78 del 26 marzo 1991). **Recepita con D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22**
Direttiva 91/689/CEE del 12 dicembre 1991	Rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 377 del 31/12/1991) *Recepita con D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22*
Reg. CEE 1 febbraio 1993, n. 259	Regolamento del Consiglio relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità Europea nonché in entrata e in uscita dal suo territorio (G.U. C.E. n. L 30 del 6 febbraio 1993)

L. 25 gennaio 1994, n. 70	Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale (G.U.n. 24 del 31 gennaio 1994)
D.P.R 8 agosto 1994	Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e di Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto (GU 26-10-1994, n. 251)
Direttiva 94/62/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 dicembre 1994	Imballaggi e i rifiuti di imballaggio (G.U.C.E. n. L 365 del 31 dicembre 1994) **Recepita con D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22**
D. lgs. 17 marzo 1995, n. 230	Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti (G.U. 13 giugno 1995 n.136 S.O.)
D.M. (Ambiente) 18 luglio 1996	Ammontare dell'imposta unitaria dovuta per i rifiuti dei settori minerario, estrattivo, edilizio, lapideo e metallurgico smaltiti in discarica (G.U. n. 250 del 24 ottobre 1996)
D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22[(1)]	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).
D.M. (Ambiente-Industria) 29 ottobre 1997	Approvazione dello statuto del Consorzio nazionale imballaggi (CONAI) (non pubblicato sulla G.U.)
D.M. (Ambiente) 5 febbraio 1998[(1)]	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 88 del 16 aprile 1998, S.O.)
D.M. (Ambiente) 11 marzo 1998, n. 141	Regolamento recante norme per lo smaltimento in discarica dei rifiuti e per la catalogazione dei rifiuti pericolosi smaltiti in discarica (G.U. n. 108 del 12 maggio 1998)
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 145	Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 109 del 13 maggio 1998)
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 148	Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 110 del 14 maggio 1998)
D.M. (Ambiente) 4 agosto 1998, n. 372	Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti (G.U. n. 252 del 28 ottobre 1998, s.o.)
L. 9 dicembre 1998, n. 426	Nuovi interventi in campo ambientale (G.U. n. 291 del 14 dicembre 1998, S.O.)
Direttiva 99/31/CE del 26 aprile 1999[(*)]	Discariche di rifiuti (G.U.C.E. n. L 182 del 16 luglio 1999)
D. Lgs. 22 maggio 1999, n.209	Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (G.U. n. 151 del 30 giugno 1999)
D. L. del 30 dicembre 1999, n. 5000, convertito con modificazioni dalla L. del 25 febbraio 2000, n. 33	Disposizioni urgenti concernenti la proroga dei termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB, nonché l'immediata utilizzazione di risorse finanziarie necessarie per l'attivazione del protocollo di Kyoto (G.U. n. 305 del 30 dicembre 1999; G.U. n. 48 del 28 febbraio 2000)
D.M. (Ambiente) 18 aprile 2000, n. 309	Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Osservatorio nazionale sui rifiuti, di cui all'articolo 26, comma 4, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 254 del 30 ottobre 2000)
Decisione CE 3 maggio 2000, n. 532[(1)]	Decisione della Commissione che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000)
D.M. (Ambiente) 11 ottobre 2001	Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)
Comunicazione della Commissione, del 24 ottobre 2001, al Consiglio, al Parlamento europeo ed al Comitato economico e sociale.	Strategia comunitaria su diossine, furani e policlorobifenili [COM(2001) 593 def. – non pubblicato nella Gazzetta ufficiale].

Direttiva 9 aprile 2002 del Ministro dell'Ambiente	Indicazioni per la corretta e piena applicazione del Regolamento Comunitario n. 2557/ 2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti (S.O. 102 alla G.U. n. 108 del 10 maggio 2002)
Decreto ministeriale 12 giugno 2002, n. 161	Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate (G.U. n. 177 del 30 luglio 2002)
DISEGNO DI LEGGE n. 1753 approvato il 14 maggio 2003 dal Senato e trasmesso alla Camera dei Deputati per la definitiva approvazione*	Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione.
D. Lgs. Del13 gennaio 2003, n. 36	Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti (G.U. n. 59 del 12 marzo 2003)

Energia e uso di combustibili	
Riferimento normativo	***Oggetto***
Legge 9 gennaio 1991, n.10	Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia (G.U. 16 gennaio 1991, n.13)
D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95	Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 7/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.).
Circolare del Ministero dell'industria 2 marzo 1992, n.219/F	Art. 19 della legge n.10/1991. Obbligo di nomina e comunicazione annuale del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. (G.U. 9 marzo 1992, n.57)
D.M. (Ambiente) 17 febbraio 1993	Modalità e termini di accertamento, riscossione e versamento del contributo dovuto alle imprese partecipanti al Consorzio obbligatorio degli oli usati (G.U. n. 64 del 18 marzo 1993)
D.M. (Industria) 16 maggio 1996, n. 392	Regolamento recante norme tecniche relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 173 del 25 luglio 1996)
D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395	Recepimento della direttiva 99/ 32/ CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)
D.l. 28 dicembre 2001, n. 452, convertito, con modificazioni, dalla L. 27 febbraio 2002, n. 16	Disposizioni urgenti in tema di accise, di gasolio per autotrazione, di smaltimento di oli usati, di giochi e scommesse, nonché sui rimborsi IVA, sulla pubblicità effettuata con veicoli, sulle contabilità speciali, sui generi di monopolio, sul trasferimento di beni demaniali, sulla giustizia tributaria, sul funzionamento del servizio nazionale della riscossione dei tributi e su contributi ad enti ed associazioni (G.U. n. 301 del 29 dicembre 2001; G.U. n. 49 del 27 febbraio 2002)
L. 27 febbraio 2002, n. 16	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 28 dicembre 2001 n. 452 recante disposizioni urgenti in tema di accise, di gasolio per autotrazione, di smaltimento di oli usati, di giochi e scommesse, nonché sui rimborsi IVA (CDR) (G.U. n. 63 del 15 marzo 2002)
D.P.C.M. 8 marzo 2002	Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 154 del 3 luglio 2002)
L. 6 maggio 2002 n. 82	Conversione in legge del d.l. 7 marzo 2002, n. 22 recante "Disposizioni urgenti per l'individuazione della disciplina relativa all'utilizzazione del coke da petrolio (pet-coke) negli impianti di combustione" (G.U. n. 105 del 7 maggio 2002)

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti	
Riferimento normativo	***Oggetto***
D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175	Attuazione della direttiva CEE n. 82/501, relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 127 del 1°giugno 1988).
D.P.C.M. 31 marzo 1989	Applicazione dell'art.12 del D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali (G.U. n. 93 del 21 aprile 1989, S.O.).
Direttiva 96/82/CE del Consiglio del 9 dicembre 1996	Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U.C.E. n. L 010 del 14/01/1997) *(Attuata con D. Lgs. del 17 agosto 1999, n. 334)*

Legge 15 Marzo 1997, n. 59	Delega al governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della pubblica amministrazione e per la semplificazione amministrativa (G. U. n. 63 del 17 marzo 1997)
D.M. (Ambiente) 5 novembre 1997	Criteri e metodi per l'effettuazione delle ispezioni agli stabilimenti di cui al decreto del Presidente della Repubblica del 17 maggio 1988, n. 175 e successive modificazioni (G.U. n. 27 del 3 febbraio 1998)
D.P.R. 12 gennaio 1998, n. 37	Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59 (G.U. n° 57 del 10/03/1998)
D.M. (Interno) 30 aprile 1998	Modificazioni al decreto ministeriale 2 agosto 1984 recante: "Norme e specificazioni per la formulazione del rapporto di sicurezza ai fini della prevenzione incendi nelle attività a rischio di incidenti rilevanti di cui al decreto ministeriale 16 novembre 1983" (G.U. n. 114 del 19 maggio 1998)
D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334(1)	Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 228 del 28 settembre 1999, S.O.)
D. lgs. 26 maggio 2000, n.241	Attuazione della direttiva EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti da radiazioni ionizzanti (G.U. 31 agosto 2000, n.203)
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000	Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza (G.U. n. 195 del 22 agosto 2000)
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000	Individuazione delle modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio (G.U. n. 196 del 23 agosto 2000)
D.M. (Interno) 19 marzo 2001	Procedure di prevenzione incendi relative ad attività a rischio di incidente rilevante (G.U. n. 80 del 5 aprile 2001)
Decreto Ministeriale n.151, 9 maggio 2001	Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante). (G.U. n.138 del 16/6/2001)
D.M. (Ambiente) 16 maggio 2001, n. 293	Regolamento di attuazione della direttiva 96/82/CE, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 165 del 18 luglio 2001)
L. 20 febbraio 2002, n. 30	Ratifica ed esecuzione della Convenzione sugli effetti transfrontalieri derivanti da incidenti industriali, con annessi, fatta a Helsinki il 17 marzo 1992 (G.U. n. 62 del 14 marzo 2002, S.O.)

Sostanze pericolose	
Riferimento normativo	***Oggetto***
R.D. 18 giugno 1931, n. 773	Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza (G.U. n. 146 del 26 giugno 1931, S.O.).
D.M. (Sanità) del 23 febbraio 1988 n. 84	Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi (G.U. 21 marzo 1988, n. 67)
Reg. CEE 23 marzo 1993, n. 793	Valutazione e controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti (G.U. n. 41 del 27 maggio 1993)
Reg. CEE 28 giugno 1994, n. 1488	Principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, a norma del regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio (G.U. n. 62 del 18 agosto 1994)
D.lgs. 3 febbraio 1997, n. 52	Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose (G.U. n. 58 dell'11 marzo 1997, S.O.)
D.M. (Sanità) 4 aprile 1997	Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza (G.U. n. 60 del 13 marzo 1997)
D.M. (Sanità) 28 aprile 1997	Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose (G.U. n. 192 del 19 agosto 1997, S.O.)
D.lgs. 16 luglio 1998, n. 285	Attuazione di direttive comunitarie in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi, a norma dell'articolo 38, della legge 24 aprile 1998, n. 128 (G.U. n. 191 del 18 agosto 1998)

D.M. (Sanità) 12 agosto 1998	Recepimento delle direttive 94/60/CE, 96/55/CE, 97/10/CE, 97/16/CE, 97/56/CE e 97/64/CE recanti modifiche alla direttiva 76/769/CEE del Consiglio del 27 luglio 1976 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi (G.U. n. 13 del 18 gennaio 1999, S.O.)
D.lgs. 22 maggio 1999, n. 174	Disciplina sanzionatoria per le violazioni delle disposizioni del regolamento (CEE) n. 793/93 relativo alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti (G.U. n. 139 del 16 giugno 1999)
Direttiva 45/99/CE del Parlamento Europeo e del consiglio del 31 maggio 1999(*)	Riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati Membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi (G.U.C.E. L 200 del 30 luglio 1999)
D.M. Sanità 26 gennaio 2001	Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva 2000/ 32/ CE (S.O. 187 alla G.U. 164 del 17 luglio 2001)
D.M (Sanità) dell'11 aprile 2001	Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (Suppl. Ordinario n.203 alla G. U. n. 172 del 26 luglio 2001)
Direttiva 2001/58/CE della Commissione del 27 luglio 2001	Modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/ 45/ CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/ CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza). (G.U.C.E. L 212 del 7 agosto 2001) *(Recepita con D. M. (Sanità) del 7 settembre 2002)*
Direttiva 2001/59/CE della Commissione del 6 agosto 2001(*)	Ventottesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/ 548/ CEE del Consiglio concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose (G.U.C.E. L 225 del 21 agosto 2001)
Direttiva 2001/60/CE della Commissione del 7 agosto 2001(*)	Adeguamento al progresso tecnico della direttiva 1999/ 45/ CE del Parlamento europeo e del Consiglio concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi (G.U.C.E. L 226 del 22 agosto 2001)
D. M. (Sanità) del 7 settembre 2002	Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (GU n. 252 del 26-10-2002)
Decreto Legislativo del Governo n. 277 del 15 agosto 1991	Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/447/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 legge 30/7/1990, n. 212. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 200 del 27/08/1991)
Legge ordinaria del Parlamento n. 257 del 27 marzo 1992	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 87 del 13/04/1992)
D. M. (Sanità) del 06 settembre 1994	Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (G. U. Suppl. Ordin. n. 220 del 20/09/1994)
D. M. (Sanità) del 14 maggio 1996	Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (G. U. Suppl. Ordin. n. 251 del 25/10/1996)
Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 luglio 2001(*)	Modifica della Direttiva del Consiglio 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (2001/C 304 E/07)
D. M. (Sanità) del 25 luglio 2001	Rettifica al decreto 20 agosto 1999, concernente "Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (G. U. n. 261 del 9/11/2001)

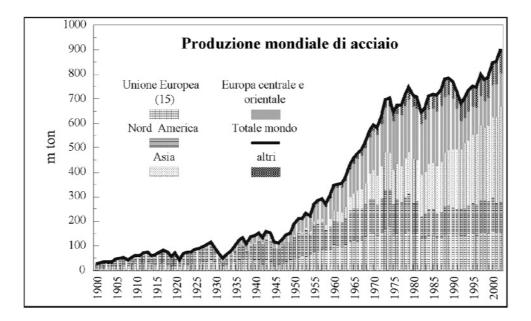
Decreto del presidente del consiglio dei ministri del 10 dicembre 2002, n. 308	Regolamento per la determinazione del modello e delle modalita' di tenuta del registro dei casi di mesotelioma asbesto correlati ai sensi dell'articolo 36, comma 3, del decreto legislativo n. 277 del 1991. (G. U. n. 31 del 7/2/2003)
D. M. (Ambiente) del 18 marzo 2003, n. 101	Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93. (G. U. n. 106 del 9/5/2003)
D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915	Attuazione delle direttive 75/442 relative a rifiuti, n. 86/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi (G.U. n. 343 del 15 dicembre 1982)
D. P. R. del 24 maggio 1988, n. 216	Attuazione recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 85/467 concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G. U. 20 giugno 1988, n. 49)
D. M. (Ambiente) dell'11 febbraio 1989	Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB (G.U. 28 febbraio 1989, n. 49).
D. M. (Ambiente) del 17 gennaio 1992	Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT) (G.U. 6 febbraio 1992, n. 30).
D. M. (sanità) del 29 luglio 1994	Attuazione delle direttive CEE numeri 89/677, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n. 76/769 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 febbraio 1994, n. 146 (G.G.U.U. 13 settembre 1994, n. 214 e 10 dicembre 1994, n. 288, suppl. ord.).
D. Lgs. 22 maggio 1999, n.209	Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (G.U. n. 151 del 30 giugno 1999)
D. L. del 30 dicembre 1999, n. 5000, convertito con modificazioni dalla L. del 25 febbraio 2000, n. 33	Disposizioni urgenti concernenti la proroga dei termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB, nonché l'immediata utilizzazione di risorse finanziarie necessarie per l'attivazione del protocollo di Kyoto (G.U. n. 305 del 30 dicembre 1999; G.U. n. 48 del 28 febbraio 2000)
D.M. (Ambiente) 11 ottobre 2001	Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)
Comunicazione della Commissione, del 24 ottobre 2001, al Consiglio, al Parlamento europeo ed al Comitato economico e sociale.	Strategia comunitaria su diossine, furani e policlorobifenili [COM(2001) 593 def. - non pubblicato nella Gazzetta ufficiale].

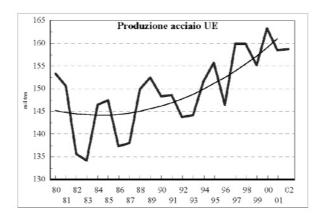
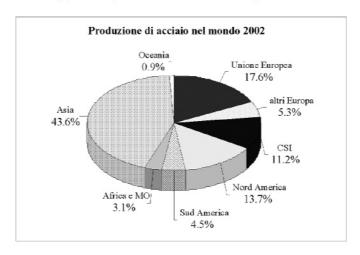
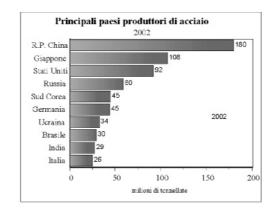
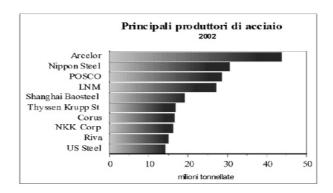
I riferimenti normativi evidenziati con (*) sono quelli non ancora vigenti in Italia (Disegni di legge, Proposte di direttive e Direttive non ancora recepite)

[(1)]: i riferimenti normativi con la nota hanno indicazioni specifiche agli impianti per la produzione e la trasformazione dei metalli ferrosi, e sono riportato nell'allegato B.1

2. Ricognizione della situazione del settore

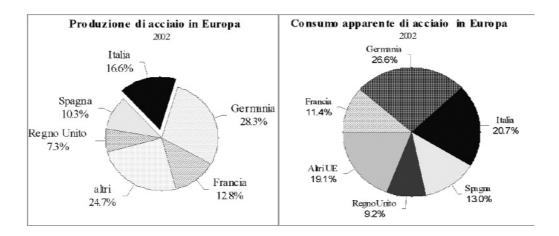
2.1 Panorama generale

Negli ultimi cinquant'anni l'industria siderurgica ha sempre accresciuto il suo ruolo di fornitore essenziale di uno dei più diffusi materiali di base al mondo, largamente impiegato dall'industria ed in ogni settore della vita quotidiana. I consumi di prodotti siderurgici, necessari per lo sviluppo economico, sempre sostenuti ed in forte crescita, hanno richiesto sia un'adeguata crescita quantitativa della produzione di acciaio sia la creazione di nuovi prodotti di alta qualità.
Anche i paesi meno sviluppati hanno provveduto a dotarsi di capacità di produzione tali da sostenere il processo di industrializzazione; i paesi più sviluppati non hanno però rinunciato alle loro produzioni, ma le hanno potenziate con la creazione di nuovi e più efficienti prodotti ad elevato contenuto tecnologico, a dimostrazione di come sia considerato fondamentale il ruolo dell'acciaio nello sviluppo economico.

La crescita della produzione mondiale di acciaio, nel corso del secolo scorso, è stata particolarmente intensa nel periodo successivo alla seconda guerra mondiale fino agli anni settanta, con andamenti diversificati a seconda delle aree geografiche. Più recentemente la produzione mondiale di acciaio è passata da 770 m.t. (1990) a 848 m.t. nel 2000 e a 902 m.t. nel 2002.

La crescita più rapida si è verificata in Asia dove la produzione di acciaio è passata da 238 m.t. del 1990 a 332 m.t. nel 2000 e 393 nel 2002. I paesi dell'Unione europea hanno continuato sulla via dello sviluppo portando la produzione di acciaio a 159 m.t. nel 2002 confermandosi come area di produzione efficiente e qualificata e rafforzando così il ruolo fondamentale dell'acciaio nelle loro economie.

Negli USA la produzione è passata da 90 m.t. di inizio decennio a 102 m.t. nel 2000 per scendere poi a 92 m.t nel 2002.
L'Asia produce attualmente la maggior quota mondiale di acciaio seguita dall'Unione Europea e dal Nord America. Paesi in rapido sviluppo, come Sud Corea e Taiwan, ma anche India, hanno quasi raddoppiato la produzione di acciaio negli ultimi dieci anni.

La Cina è il maggior produttore mondiale di acciaio dal 1996, quando ha superato il Giappone, e, dal 1990 al 2000 ha raddoppiato la produzione portandola a 127 m.t. e successivamente a 182 nel 2002.

Il gruppo italiano Riva, con impianti, oltre che in Italia, nei principali paesi europei, occupa il nono posto nella classifica mondiale dei produttori.

Circa il 40% dell'acciaio prodotto nel mondo è oggetto di scambio internazionale, (25% vent'anni addietro). L'apertura dei mercati impone continui sforzi di razionalizzazione con elevati benefici per l'intero sistema industriale, sia in termini di riduzione di costi sia di prestazioni qualitative dei prodotti.

2.2 La siderurgia italiana

La produzione di acciaio in Italia si è sviluppata nel dopoguerra partendo da livelli pressoché trascurabili: dalle 308.000 t. prodotte all'inizio del secolo, si è passati a 2,3 m.t. prima dell'inizio della seconda guerra fino ad un massimo di 27,8 m.t. nel 1995 (26,3 nel 2002).

La forte crescita della produzione italiana, principalmente nell'immediato dopoguerra, essenzialmente finalizzata al soddisfacimento dei bisogni interni, ha portato l'Italia al posto di secondo produttore europeo, dopo la Germania, con il 16,6% della produzione di acciaio europea.

L'Italia, con un consumo apparente di circa 32 m.t. di acciaio, è anche il secondo paese consumatore di acciaio dopo la Germania e, superando di oltre 14 m.t. il consumo di un paese industrializzato come la Francia, e mostra un trend ancora in crescita.

L'alto livello dei consumi italiani, che dipende dall'alta intensità di consumo di acciaio tipico dell'industria manifatturiera e delle costruzioni, ha fatto sì che l'Italia, benché sia il secondo produttore europeo, nello stesso tempo è un importatore netto di acciaio, rendendo così il mercato particolarmente sensibile alle vicende del commercio mondiale.
L'industria siderurgica italiana, prima dello Stato per il 40%, è completamente privata dal 1995 e, in conformità alle disposizioni comunitarie, non gode di alcuna forma di assistenza economico finanziaria da parte dello Stato, contrariamente a quanto avviene in altri paesi, come gli USA, dove malgrado la proprietà privata delle aziende, esistono svariate forme di aiuti che non sarebbero tollerate nei paesi UE.

In seguito a profonde riorganizzazioni, la produzione di acciaio si è concentrata in un numero minore di siti produttivi, attualmente 41, con le localizzazioni visivamente esemplificate nel grafico.

Per quanto riguarda la laminazione a caldo, processo di trasformazione ricadente nell'ambito della normativa, le localizzazioni nazionali sono 67, delle quali 25 integrate in altrettante acciaierie.
La regione con il numero maggiore di siti è la Lombardia (28) seguita dal Veneto (11), dal Friuli (9), Piemonte (6), Toscana, Umbria, Puglia e Sicilia (2), Val d'Aosta, Trentino,Liguria, Lazio e Basilicata (1).

La siderurgia italiana nel 2002 occupato circa 37mila addetti nella produzioni primarie ed oltre 50mila includendo le seconde lavorazioni (tubi ecc).

Siti di produzione

Altoforni

Convertitori all'ossigeno

Genova, Piombino, Taranto, Trieste

Forni elettrici

Aosta, Bergamo, Bolzano, Brescia, Catania, Cremona, Cuneo, Modena, Novara, Padova, Potenza, Torino, Terni, Trento, Udine, Varese, Verona, Vicenza.

2.3 Impatto ambientale del settore

Gli aspetti ambientali più importanti per gli impianti di produzione e di prima lavorazione dell'acciaio riguardano principalmente le emissioni in atmosfera, il trattamento delle acque e la produzione di rifiuti solidi; oggi si hanno tecnologie ed informazioni adeguate per essere in condizione di effettuarne, rispettivamente, il controllo e la gestione.
Più limitate sono le conoscenze riguardo ai disturbi da rumore e da vibrazioni ed ai relativi metodi per minimizzarli; lo stesso dicasi per l'inquinamento del suolo e gli effetti sulla salute e sulla sicurezza; inoltre vi sono poche informazioni sui metodi di campionamento e di analisi, nonché le condizioni di riferimento usate a base dei dati riportati.

In un'acciaieria a ciclo integrale, gli impianti che maggiormente contribuiscono all'emissione di sostanze inquinanti nell'atmosfera sono l'impianto di agglomerazione e le cokerie, seguiti dall'altoforno e dal convertitore LD; fra gli inquinanti sono presenti: polveri, gas come SO_2 ed NO_x, composti organici come IPA, ecc. e metalli pesanti. il contributo dell'industria siderurgica al totale delle emissioni in aria nei paesi della Comunità Europea è significativo soprattutto per questi ultimi, arrivando al 35% per lo zinco ed al55 % per il cromo.

Nei processi di trasformazione l'inquinante principale, fra le emissioni in atmosfera, è costituito dalle polveri, che insieme a sostanze organiche possono derivare dalle lavorazioni di laminazione; la combustione dei forni di riscaldo è responsabile dei gas inquinanti come SO_2 ed NO_x.

Le acque sono presenti come mezzo di lavaggio e di raffreddamento e come soluzione oleosa per la lubrificazione; il trattamento delle acque di processo determina una produzione di fanghi.

Pertanto, sia il controllo dell'inquinamento atmosferico, con la separazione delle polveri abbattute, sia il trattamento delle acque, confluiscono nelle tematiche dei residui solidi. L'industria siderurgica, essendo infatti tra quelle a maggior consumo di materie prime ed energia, è anche produttrice di una notevole quantità di residui; con buona approssimazione si può dire che nel bilancio di massa più della metà delle materie in ingresso fuoriescono come gas, residui solidi e sottoprodotti, che per la maggior parte vengono riciclati e/o venduti.

La **tabella seguente** presenta uno schema semplificato del bilancio di massa per l'acciaio prodotto nella UE nel 1995; in essa sono presenti solo le materie più importanti (escludendo l'acqua ed il gas), e non sono prese in considerazione le possibilità di riciclare o minimizzare le materie prime.

	Ingresso (Mt)	Uscita
Minerale di ferro (Agglomerato,pellets,BF)	148,0	
Rottame (acciaieria BOF ed EAF)	79,3	Acciaio
Carbone (cokerie, BF ed EAF)	62,0	155,8
Calce	7,0	
Calcare	13,0	Emissioni
Combustibile (olio e gasolio)	4,0	Rifiuti Solidi
Additivi	3,2	e Residui
		160,7
Totale	316,5	

Bilancio di materia per la produzione siderurgica (1995)

Dalla tabella si può rilevare come oltre il 50% del materiale in ingresso nel ciclo di produzione fuoriesca sottoforma di gas, sottoprodotti e residui, che per la maggior parte sono riciclati e/o venduti; la quota rimanente va a costituire le emissioni ed i rifiuti solidi.
L'obbiettivo di ottimizzare il flusso di materia e di migliorare il bilancio di massa è stato perseguito con lo sviluppo di tecniche e tecnologie avanzate in grado di realizzare una gestione dei rifiuti caratterizzata dalla valorizzazione dei residui e dal recupero dei sottoprodotti; pertanto, l'interconnessione tra le singole unità di produzione (agglomerato, cokerie, altoforno, acciaierie, laminazione) non si realizza soltanto in termini di flusso di produzione, ma anche in termini di flussi interni di residui (scaglie di laminazione, polveri da impianti di filtrazione, fanghi da trattamento ad umido dei gas d'altoforno e d'acciaieria, ecc.), di gestione dell'acqua (trattamenti in comune dei vari flussi d'acqua, uso in cascata di acque di raffreddamento, ecc) e dell'uso dell'energia (gas di cokeria, d'altoforno e d'acciaieria, vapore, ecc); tutte queste interdipendenze hanno permesso di minimizzare le emissioni (gas, liquido, solido), di ottimizzare la produttività e ridurre i costi.

2.4 L'industria italiana di Zincatura Generale a Caldo (impianti discontinui)

Informazioni generali

La zincatura a caldo è un processo in cui lotti di materiali in acciaio e ferro, articoli o manufatti già assemblati, vengono trattati durante uno o due turni giornalieri (ci sono casi in cui in determinati periodi o in situazioni di particolare necessità può esservi l'utilizzo di un 3° turno notturno).

La zincatura generale a caldo è un processo discontinuo. Le aziende che operano il processo si chiamano zincature o zincherie.

La zincatura di tubi, lamiere e filo da impianti automatici o semi-automatici, con produzioni continue, non viene considerata zincatura generale.

Mediante la zincatura a caldo si ottiene la formazione di uno strato superficiale di zinco che protegge dalla corrosione i manufatti in acciaio e ferro. Questo rivestimento viene ottenuto nelle zincherie attraverso l'immersione dell'acciaio nello zinco fuso, in lega con altri metalli in quantità molto piccole, previo un trattamento di preparazione superficiale descritto nel seguito.

Settori che beneficiano della protezione della corrosione dell'acciaio strutturale e non-strutturale sono: l'industria delle costruzioni private e pubbliche, l'arredo urbano, le installazioni agricole ed industriali, l'industria dell'energia, l'impiantistica sportiva e dei servizi in genere, le attrezzature stradali, guardrail e recinzioni, i trasporti, ma anche equipaggiamenti ed attrezzi, minuterie, bulloni, viti e chiodi.
Le dimensioni, la quantità e la natura dei prodotti di acciaio in ingresso possono, dunque, differire sensibilmente. Per l'estrema versatilità di questo sistema di protezione, vi è una notevole diversificazione delle tipologie di articoli e manufatti. Le peculiarità del processo rendono possibile solo una limitata automatizzazione.

Per sua caratteristica, la zincatura a caldo può essere vista come una "industria di servizio" dal momento che completa, mediante un trattamento superficiale, il ciclo di produzione di manufatti realizzati in altre realtà produttive. In questo settore è, quindi, prevalente l'attività di zincatura conto terzi, nella quale una gran varietà di materiali in ingresso viene lavorata per una clientela diversificata. La conseguente forte incidenza del trasporto degli articoli e dei manufatti, da e verso le zincherie, fa in modo che gli impianti di zincatura siano localizzati in zone strategiche, con un numero di impianti relativamente alto per essere adatti ad offrire un servizio per mercati di estensione regionale. Solo in rari casi ed il più delle volte in presenza di esigenze specifiche (per esempio dimensioni particolari dei manufatti da trattare) può essere necessario il trasporto dei manufatti da zincare per lunghe distanze.

Aspetti economici

In Italia le Aziende di Zincatura Generale sono PMI, in ogni caso al di sotto dei 150 dipendenti. Solo in pochi casi lo stesso soggetto possiede più impianti, anche se negli ultimi anni si sta assistendo a processi di concentrazione. In tempi recenti il costo degli investimenti per nuovi impianti è cresciuto, come conseguenza di una maggiore esigenza di capitali per l'applicazione di tecnologie più efficaci e per il miglioramento delle performance ambientali. Una significativa parte dei recenti investimenti è stata destinata allo sviluppo di misure di controllo delle emissioni in ambiente e all'applicazione di leghe per la zincatura, ottenute

attraverso l'uso di metalli in alligazione (aggiunti comunque in quantità minime) per migliorare la qualità del prodotto.

L'Italia è il maggiore produttore europeo con una produzione stimata di ca 1.540.000 tonnellate nel 2002. Il consumo dello zinco nell'industria della zincatura discontinua a caldo in Italia nello stesso anno 2002 è stato di ca 92.000 tonnellate. Il fatturato stimato dell'intero settore è di ca € 330.000.000.
Il prezzo della zincatura può fluttuare significativamente in dipendenza dalle variazioni del costo delle materie prime, in particolare dello zinco, il cui acquisto è il principale costo sostenuto. Recentemente il sorgere di nuovi impianti, in special modo nel Sud del Paese con finanziamento pubblico, ha determinato una sproporzione dell'offerta rispetto alla domanda. In queste circostanze, la sovra-capacità determina grosse variazioni dei prezzi e, quindi, del risultato economico delle zincherie.

Aspetti ambientali

Il processo di zincatura a caldo dà luogo a rifiuti e sottoprodotti contenenti zinco, come le schiumature di zinco e le matte.
Le schiumature in genere sono riciclate come materie prime nell'industria dello zinco secondario per il recupero dello zinco riutilizzabile, mentre le matte sono usate come materia prima secondaria nell'industria di produzione dell'ossido di zinco.
Le soluzioni acquose esauste, derivanti dal processo e contenenti zinco, quando possibile, vengono trattate sul posto per il riciclo nel processo. Il residuo ottenuto viene inviato allo smaltimento. In alternativa esse possono essere conferite ad aziende specializzate per essere sottoposte a trattamenti di recupero o di smaltimento esterni

Ha rilevanza ambientale il controllo dei liquidi reflui, la captazione e l'abbattimento dei fumi dalla vasca di zincatura.

Nei paragrafi che seguono saranno indicate le caratteristiche del processo, con l'individuazione delle migliori tecniche disponibili per la prevenzione ed il controllo dell'inquinamento.

2.5 L'industria italiana di Fonderia

La struttura produttiva

L'industria italiana di Fonderia di metalli ferrosi è costituita da 281 imprese (237 Fonderie di ghisa, 17 di precisione, 27 di acciaio), occupa 20.630 addetti, realizza una produzione di 1.462.266 tonnellate (dato del 2002), a fronte di una capacità del sistema stimata in 1.870.250 tonnellate.
Il fatturato globale è valutato in circa 3.8 miliardi di euro.

La fonderia di metalli ferrosi è stata oggetto, nel corso degli ultimi venti anni, di un processo di ristrutturazione che ha determinato una consistente riduzione della base produttiva.
In particolare tra il 1980 e il 2002 il numero complessivo delle imprese è passato da 694 agli attuali 281 con un tasso di riduzione pari al 59% (-413 unità).
I dati degli ultimi anni indicano una nuova accelerazione della crisi congiunturale del settore che ha accentuato la situazione di sofferenza di una parte consistente del sistema produttivo.
Le principali difficoltà hanno riguardato, fino ad oggi, imprese specializzate in produzioni non più richieste dal mercato o realizzate più convenientemente in altri Paesi (lingottiere, getti per valvole, contrappesi, ecc.), imprese obsolete o localizzate all'interno di aree urbane, che gli imprenditori non hanno avuto le risorse necessarie per ricollocarle in aree industriali adeguate.
A questi problemi si aggiunge la perdita di competitività nei confronti dei concorrenti esteri, determinata anche dal gap dimensionale nei confronti degli altri concorrenti europei.
La dimensione media delle Fonderie di metalli ferrosi, pur essendo passata dai 58 addetti del 1990 ai 74 del 2002, permane ben al di sotto dei valori di Francia (152 addetti), Germania (155) e Gran Bretagna (88).

La produzione

Con riferimento agli ultimi dati di produzione disponibili (anno 2002), l'Italia produce 1.386.345 tonnellate di getti di ghisa, 74.521 tonnellate di getti di acciaio, 1.400 tonnellate di getti microfusi realizzati con la tecnologia della cera persa.

Il confronto con gli altri Paesi europei conferma che nonostante un recupero registrato nel corso degli ultimi 20 anni, la produzione media delle imprese italiane di metalli ferrosi rimane inferiore rispetto ai principali concorrenti esteri: l'Italia (quasi 5.000 tonnellate per impresa) è fortemente distaccata da Francia e Germania (oltre 13.000 tonnellate per impresa), mentre presenta una maggiore vicinanza a quella di Gran Bretagna e Spagna (circa 4.500 tonnellate per impresa).
I dati di produzione per addetto evidenziano come Francia e Germania si differenzino sostanzialmente dal resto dei Paesi europei con valori dell'ordine di 80 tonnellate/anno, e come l'Italia mantenga anche in questo caso una posizione intermedia, migliore di Spagna e Gran Bretagna.

Evoluzione del mercato

L'evoluzione di mercato di questi ultimi anni ha evidenziato modifiche rilevanti nei consumi dei settori utilizzatori.

La produzione di getti di ghisa per l'industria dei mezzi di trasporto è stata condizionata dalla crisi dell'auto, oltre che dalle preferenze per le leghe non ferrose. In termini quantitativi la produzione di getti destinati a tale settore ha perso circa il 23% rispetto alla punta massima raggiunta nell'anno 1997 e nel 2002 ha rappresentato il 32% della produzione totale di getti di ghisa.

Al contrario, le forniture all'industria meccanica hanno raggiunto un nuovo record proprio nel 2002 con 586.290 tonnellate. L'industria meccanica rappresenta così il primo committente delle Fonderie di ghisa italiane ed assorbe il 42% della produzione complessiva.

L'inserimento di una nuova impresa nella produzione di tubi per acquedotto ha determinato la ripresa dei getti destinati a queste applicazioni che rientrano nel comparto dell'edilizia.

Merita infine una considerazione la ghisa sferoidale destinata all'industria meccanica e dei mezzi di trasporto che nel 2002 ha raggiunto un nuovo record (443.840 tonnellate) che ha consentito al comparto di ridurre nella produzione di questo tipo di lega il gap rispetto ai principali Paesi europei.

Nel comparto dei getti di acciaio la produzione degli ultimi anni evidenzia due fenomeni, peraltro attesi: il calo delle produzioni di getti per valvole ove le Fonderie italiane all'inizio degli anni novanta avevano indirizzato le specializzazioni; la crescita delle forniture all'industria della frantumazione con una forte presenza sui mercati esteri.

La flessione della domanda di getti per valvole è stata determinata, in parte, dalle industrie committenti italiane che avendo assunto caratteristiche multinazionali, hanno esteso l'approvvigionamento di getti per valvole nei mercati più convenienti, prescindendo da considerazioni in merito al livello qualitativo delle produzioni.

Gli scambi con l'estero

In generale, il basso valore dei prodotti di fonderia e l'elevata incidenza dei costi di trasporto hanno spesso limitato a livello nazionale il mercato dei prodotti di Fonderia. Inoltre, la vicinanza e la facilità di contatti tra fornitore e committente è spesso considerata di vitale importanza per il migliore funzionamento della filiera produttiva.

Tuttavia, nel corso dell'ultimo decennio il mercato dei getti di Fonderia si è allargato considerevolmente, grazie alle nuove tecnologie informatiche, che hanno facilitato i contatti tra fornitore e committente superando le distanze.

Per i prodotti di Fonderia questa situazione ha consentito alle esportazioni di raddoppiare nell'arco degli ultimi dieci anni, raggiungendo circa il 18% della produzione totale, e alle importazioni di triplicare e di rappresentare il 26% della produzione complessiva.

Per quanto riguarda gli scambi con l'estero dei getti ferrosi, i dati ISTAT relativi al 2002, indicano una leggera flessione del volume delle esportazioni (-0.6%) attestandosi su un livello di 264.666 tonnellate e un contestuale cedimento del relativo valore (-11.4%) che ha raggiunto 1.041 milioni di euro.

Nel 2002 si è interrotto il trend decrescente delle importazioni, iniziato lo scorso anno, che al contrario hanno registrato un incremento del 2.9% in termini di volume, mentre il relativo valore ha subito una flessione pari all'1.3%. Nel 2002, l'Italia ha importato 379.990 tonnellate di getti ferrosi per un totale di 623 milioni di euro.

Il saldo commerciale (esportazioni – importazioni) in termini di valore registra una flessione e si posiziona su 418 milioni di euro contro i 544 milioni delle scorso anno, mentre è cresciuto il disavanzo commerciale in termini di volumi passando da –103.011 tonnellate del 2001 a – 115.324 tonnellate del 2002.

I principali mercati di sbocco dei getti ferrosi italiani continuano ad essere i Paesi dell'Unione Europea (62% del totale esportato pari a 162.000 tonnellate di getti) - ove si trovano anche i maggiori fornitori dai quali provengono quasi il 47% del totale importato pari a 178.000 tonnellate di getti.
In particolare i principali clienti delle Fonderie italiane sono, Germania (16% delle esportazioni), Francia (14%), Spagna (11%), Belgio (5%) e Regno Unito (5%) che nel 2002 hanno assorbito complessivamente oltre il 50% delle esportazioni italiane pari a circa 137.000 tonnellate di getti.

Allo stesso tempo, questi Paesi rappresentano i maggiori fornitori e hanno coperto nel 2002 il 42% delle importazioni del mercato italiano, pari a circa 162.000 tonnellate di getti.
Come gli scorsi anni, il primo fornitore del mercato italiano è la Francia (82.557 tonnellate) pur con un consistente calo delle quantità importate rispetto al 2001 (-15%).

Al di fuori dell'Unione Europea, particolarmente significative sono le importazioni dalla Cina pari a 70.478 tonnellate che rappresentano il 19% delle importazioni complessive ed hanno sperimentato una crescita del 48% rispetto alle importazioni del 2001.
Anche le importazioni dalla Repubblica Ceca, 24.658 tonnellate (6% del totale), hanno registrato un incremento del 14%, così come quelle dalla Turchia, risultate di 23.873 tonnellate, cioè il 15% in più rispetto allo scorso anno.
La quota di importazioni dalla Slovenia pari a 12.389 tonnellate (il 3% del totale) è cresciuta del 2%, mentre sono diminuite del 10% le importazioni dalla Polonia che sono scese a 15.612 tonnellate. Infine il volume di getti importati dalla Romania conferma sostanzialmente il dato del 2001 con 16.389 tonnellate.

Produzione di getti ferrosi (tonnellate).				
Anni	GETTI DI:			
	Ghisa	Acciaio	Microfusione	TOTALE
1980	1.799.801	140.067		1.939.868
1989	1.598.225	100.144		1.698.369
1990	1.406.407	93.360		1.499.767
1991	1.331.038	89.762		1.420.800
1992	1.291.664	79.991		1.371.655
1993	1.258.076	75.572		1.333.648
1994	1.378.613	83.257	1.464	1.463.334
1995	1.521.902	91.226	1.615	1.614.743
1996	1.404.389	84.261	1.491	1.490.141
1997	1.440.945	80.239	1.523	1.522.707
1998	1.431.334	77.088	1.510	1.509.932
1999	1.417.035	76.776	1.496	1.495.307
2000	1.438.197	78.006	1.518	1.517.721
2001	1.355.896	77.441	1.394	1.434.731
2002	1.386.345	74.521	1.400	1.462.266

Fonderie presenti al 31 dicembre (Numero imprese)				
Anni	FONDERIA DI:			
	Ghisa	Acciaio	Microfusione	TOTALE
1980	601	76	17	694
1989	361	44	17	422
1990	353	42	17	412
1991	338	41	17	396
1992	323	40	17	380
1993	303	27	17	347
1994	293	26	17	336
1995	289	34	16	339
1996	276	32	17	325
1997	267	31	18	316
1998	262	30	18	310
1999	258	29	17	304
2000	252	28	17	297
2001	247	27	17	291
2002	237	27	17	281

Capacità produttiva della Fonderia di metalli ferrosi (Tonnellate).

Anni	FONDERIA DI:			
	Ghisa	Acciaio	Microfusione	TOTALE
1980	2.308.500	186.000		2.494.500
1989	1.835.000	110.000		1.945.000
1990	1.835.000	110.000		1.945.000
1991	1.830.000	110.000		1.940.000
1992	1.750.000	110.000		1.860.000
1993	1.640.000	95.000		1.735.000
1994	1.625.000	95.000	1.800	1.721.800
1995	1.630.000	95.000	1.800	1.726.800
1996	1.680.000	90.000	1.800	1.771.800
1997	1.750.000	85.000	1.900	1.836.900
1998	1.800.000	85.000	1.900	1.886.900
1999	1.850.000	85.000	1.900	1.936.900
2000	1.900.000	85.000	1.900	1.986.900
2001	1.815.000	85.000	1.750	1.901.750
2002	1.785.000	83.500	1.750	1.870.250

Fonte: Stime Assofond

Addetti diretti della Fonderia di metalli ferrosi.				
Anni	FONDERIA DI:			
	Ghisa	Acciaio	Microfusione	TOTALE
1980	31.807	6.875		38.682
1989	20.100	4.240		24.340
1990	19.700	4.150		23.850
1991	19.050	4.045		23.095
1992	18.400	3.850		22.250
1993	17.500	3.670		21.170
1994	17.950	3.670	800	22.420
1995	18.850	3.740	800	23.390
1996	18.100	3.550	800	22.450
1997	17.950	3.300	800	22.050
1998	18.150	3.100	800	22.050
1999	18.400	3.000	800	22.200
2000	18.360	2.940	800	22.100
2001	17.700	2.900	800	21.400
2002	17.000	2.830	800	20.630

3. Descrizione del processo di produzione, dei sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili

3.1 Generalità

Nella siderurgia italiana, i procedimenti utilizzati per produrre acciaio sono essenzialmente due:
- ciclo integrato, dove l'acciaio viene ottenuto per riduzione dei minerali di ferro;
- ciclo al forno elettrico, dove l'acciaio viene ottenuto per fusione dei rottami ferrosi.

La produzione di acciaio in un ciclo integrato è realizzata attraverso una serie di processi correlati tra loro di cui i principali sono:
- la produzione del coke metallurgico,
- la produzione di agglomerato di minerali di ferro,
- la produzione di ghisa,
- la produzione di acciaio con relativa colata continua,

a cui possono seguire dei processi di trasformazione dell'acciaio, nonchè la produzione di energia elettrica e/o vapore attraverso anche l'utilizzo di gas siderurgici (gas di cokeria, gas di altoforno, gas di acciaieria).
La produzione di acciaio al forno elettrico in sé per sé è meno articolata rispetto al ciclo integrato, in quanto la materia prima è costituita da rottame di ferro. La produzione è essenzialmente realizzata per fusione del rottame di ferro con relativo colaggio in continuo dell'acciaio, a cui possono seguire dei processi di trasformazione dell'acciaio.

Il settore della trasformazione è interessato da una complessa serie di lavorazioni intermedie e dà luogo ad una produzione molto articolata di semilavorati (lingotti, bramme, blumi, billette, ecc.) necessari a soddisfare la domanda dei prodotti finiti. La lavorazione principale, che rientra nella normativa IPPC, è la laminazione a caldo per la produzione di laminati piani, lunghi e tubi.

3.2 Produzione di ghisa e acciaio al ciclo integrato (cokeria, agglomerato,altoforno, acciaieria)

Nella figura seguente è riportato lo schema di flusso tipico di produzione acciaio al ciclo integrato.

CICLO INTEGRATO DI PRODUZIONE ACCIAIO
MINERALE di FERRO
FONDENTI
CARBON FOSSILE
AGGLOMERAZIONE
ALTOFORNO
GAS DI ALTOFORNO
P.C.I..
COKERIA
COKE
TRATTAMENTO GAS
GAS COKE
SOTTOPRODOTTI
PRODUZIONE GAS TECNICI
USI VARI
GAS DI ACCIAIERIA
DESOLFORAZIONE GHISA
TRATTAMENTI ACCIAIO IN SIVIERA
SOFFIAGGIO OSSIGENO
CARICA GHISA
CARICA ROTTAME
COLATA ACCIAIO
COLATA CONTINUA
ACCIAIERIA AD OSSIGENO
BRAMME
BLUMI
BILLETTE
PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DELL'ACCIAIO SOLIDO

Fra le **materie prime**, i minerali di ferro ed i carbon fossili, provengono da paesi terzi; trasferiti per mare, raggiungono lo stabilimento di produzione su grandi linee di trasporto a nastro; stoccati nello stabilimento in appositi parchi di polmonazione, vengono poi ripresi ed inviati ai processi produttivi. I fondenti, invece, essenzialmente costituiti da calcare e dolomite, provengono dalla estrazione in cave locali.

La ghisa viene prodotta dagli altoforni con una carica essenzialmente costituita da coke metallurgico, agglomerato, minerali di ferro in pezzatura e fondenti. Il coke metallurgico svolge le seguenti principali funzioni:

- sviluppa il gas riducente necessario alla trasformazione degli ossidi di ferro in ferro metallico;
- fornisce il carbonio necessario per la carburazione della ghisa e per la riduzione di alcuni elementi di lega;
- sostiene il peso del materiale caricato fino alla parte bassa dell'altoforno, essendo l'unico materiale che non fonde;
- fornisce il calore necessario alla fusione dei minerali.

Per la produzione di coke metallurgico vengono utilizzate delle miscele di carbone; queste vengono preparate in appositi impianti, con operazioni di vagliatura e dosatura, e vengono stoccate in sili situati nei pressi dei forni di distillazione (batterie); il caricamento dei forni è effettuato, per gravità, per mezzo delle macchine caricatrici (4.2.1-A2).

Nelle celle la miscela di carbon fossile distilla ad elevata temperatura (1000-1100°C) ed in assenza di aria, libera le materie volatili e dà origine al coke metallurgico con caratteristiche di porosità e di resistenza necessarie per la carica negli altoforni.

Ogni cella si presenta come una camera chiusa, con una serie di aperture per le varie operazioni; nella parte superiore si aprono le bocchette di carica, da dove viene introdotta la miscela del carbon fossile, e la bocchetta d'aspirazione (tubo di sviluppo) della miscela gassosa prodotta nella fase di distillazione; lateralmente, le aperture consentono le operazioni di sfornamento del coke metallurgico.

Il riscaldamento del carbon fossile avviene mediante la combustione di gas di cokeria (o gas di altoforno miscelato con gas di cokeria), nelle camere di combustione adiacenti, denominate "piedritti" (4.2.1-A3).

La miscela gassosa (gas di cokeria), che si sviluppa durante la distillazione del carbon fossile, viene raccolta e trattata all'impianto sottoprodotti, dove il gas combustibile recuperato è sottoposto ad un processo di depurazione prima di essere immesso nella rete di distribuzione alle varie utenze termiche di stabilimento. A fine distillazione la macchina sfornatrice si porta davanti alla cella da sfornare mentre dall'altra parte della batteria si posiziona la macchina guida-coke. Entrambe le macchine operatrici tolgono le porte dalla cella da sfornare e, mentre la macchina guida-coke posiziona le due paratie metalliche necessarie a convogliare il coke metallurgico nel carro sottostante, la macchina sfornatrice spinge, con un'asta dalla testa sagomata, il coke stesso. Terminata la fase di sfornamento la cella viene richiusa e caricata nuovamente per iniziare un nuovo ciclo di cokefazione.

Il coke metallurgico incandescente, raccolto nel carro di spegnimento, viene portato allo spegnimento, effettuato con forti getti di acqua sotto apposite torri; successivamente il coke spento viene inviato agli impianti di vagliatura per ottenere la pezzatura idonea alla carica in altoforno.

I minerali di ferro fini, per il loro impiego nel processo di produzione della ghisa in altoforno, vengono avviati a fasi di lavorazione intermedie, quali l'omogeneizzazione e la sinterizzazione, nelle quali si realizza l'ottimizzazione dell'analisi chimica e la preparazione di un prodotto "agglomerato" che ha le caratteristiche chimico-fisiche ottimali per l'impiego in altoforno.

Il processo di sinterizzazione dei minerali di ferro viene effettuato negli **impianti di agglomerazione,** secondo le tre fasi principali di lavorazione: preparazione della miscela, produzione dell'agglomerato, trattamento dell'agglomerato. Per la preparazione della miscela, le materie prime da agglomerare (omogeneizzato fine, coke fine, calcare, calce, minuti di ritorno altoforno e di ricircolo) vengono insilate in appositi sili di stoccaggio e da qui riprese ed inviate ai

mescolatori, dove vengono aggiunte opportune quantità di acqua e/o materiale umido di recupero per conseguire l'umidità desiderata della miscela.
La miscela umida in uscita dai tamburi mescolatori viene distribuita uniformemente sul nastro di agglomerazione, formato da una serie continua di carrelli a fondo grigliato. L'inizio del processo di sinterizzazione avviene con l'accensione superficiale della miscela al passaggio sotto il fornetto di accensione.
Dopo l'innesco della combustione del coke contenuto nella miscela, il processo continua alimentato dall'aspirazione dell'aria attraverso i carrelli, dall'alto verso il basso, per completarsi alla fine della macchina di agglomerazione; i fumi di processo, prima di essere convogliati in atmosfera, vengono opportunamente depolverati.
L'agglomerato prodotto viene scaricato in un rompizolle costituito da un dispositivo rotante dotato di elementi stellari frantumatori, che provvedono alla frantumazione dei grossi blocchi. L'agglomerato caldo perviene in un raffreddatore rotante di tipo circolare in cui, a mezzo di insufflaggio di aria, viene raffreddato.
L 'agglomerato, in uscita dal raffreddatore rotante, viene frantumato e vagliato a freddo per ottenere la pezzatura idonea alla carica in altoforno.

Gli **altoforni** hanno la funzione di trasformare in ghisa i ferriferi della carica in presenza di coke e fondenti. Dalla parte superiore vengono periodicamente introdotti a strati alterni: il minerale, già in pezzatura idonea, l'agglomerato, il coke ed i fondenti. Durante la lenta discesa della carica avvengono le reazioni di ossido riduzione degli ossidi di ferro ad opera del gas riducente che attraversa la carica dal basso verso l'alto. A livello tubiere viene insufflato il vento caldo costituito da aria preriscaldata nei cowpers, arricchita in ossigeno, il quale reagisce con il carbonio del coke per dare origine alla suddetta miscela gassosa che esplica la sua azione riducente sui minerali di ferro. Negli altoforni vengono anche iniettati a livello tubiere carbon fossile polverizzato, combustibili, oli usati, ecc…
La tecnica di iniezione di carbon fossile polverizzato rappresenta un'evoluzione dell'ultimo decennio, e consente di ridurre il fabbisogno di coke nel processo di fabbricazione della ghisa con evidenti vantaggi sotto il profilo energetico ed ambientale in quanto viene in parte by-passato il ciclo di produzione del coke metallurgico.
Dalla parte alta viene recuperato il gas di altoforno che, dopo opportuna depurazione, viene immesso nella rete di stabilimento per essere utilizzato come combustibile di recupero in varie utenze termiche
Nella parte bassa dell'altoforno, dove più alte sono le temperature, avviene la fusione della carica con la formazione di ghisa e della ganga dei minerali; questa, unitamente alle ceneri di coke ed ai fondenti, determina la scoria, nota come loppa di altoforno.
L'evacuazione dei prodotti della riduzione avviene attraverso un apposito foro di colata, situato nella parte bassa dell'altoforno, aperto mediante macchina perforatrice. I prodotti fusi vengono raccolti in una canala principale di colaggio (rigolone), rivestita in refrattario, ove ghisa e loppa stratificano per effetto dei differenti pesi specifici. Una barriera a sifone posta all'estremità del rigolone separa i due flussi e determina il loro convogliamento in due canali di colaggio differenti (rigola ghisa e rigola loppa). La ghisa, caricata in appositi carri ferroviari (carri siluro), viene trasferita nelle acciaierie per essere affinata ad acciaio, mentre la loppa viene granulata con acqua.

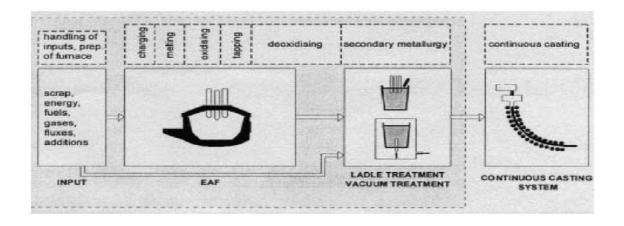
La trasformazione della ghisa in **acciaio** (processo di affinazione), avviene riducendo il contenuto di carbonio nella ghisa e con il trasferimento dei prodotti indesiderati nella scoria. Tale processo di affinazione avviene nei convertitori ad ossigeno.
La carica nei convertitori è costituita da una carica solida (rottami di ferro, ghisa granulata, ecc…) e da una carica liquida (ghisa fusa). Nel processo riveste un ruolo importante anche l'utilizzo di calce per la formazione della scoria, nella quale vengono inglobate una serie di impurezze dell'acciaio.

Il processo di affinazione avviene per insufflaggio di ossigeno nel convertitore; reagendo principalmente con il carbonio della ghisa, l'ossigeno produce una fase gassosa che può essere combusta o recuperata per essere riutilizzata come combustibile di recupero. A fine soffiaggio, l'acciaio viene spillato dai convertitori in appositi contenitori (siviere acciaio) e, successivamente, colato negli impianti di colata continua, dove si trasforma in bramme, blumi, billette (semiprodotti a sezione rettangolare di larghezza ed altezza variabili).
Negli ultimi anni grande importanza hanno assunto gli impianti di trattamento dell'acciaio, a valle dei convertitori, che permettono di ridurre sempre più le impurezze ancora presenti nel bagno e di conferire al prodotto, con l'aggiunta di idonee ferroleghe, particolari caratteristiche meccaniche.
L'acciaio solido così prodotto può essere avviato ai successivi processi di trasformazione quali la laminazione a caldo, la laminazione a freddo i rivestimenti, ecc....
I gas siderurgici prodotti (gas di cokeria, gas di altoforno, gas di acciaieria), dopo recupero e depurazione, in parte vengono riutilizzati sempre nell'ambito dei suddetti processi produttivi ed in parte per la produzione di energia elettrica e/o vapore in centrali termoelettriche e/o a turbogas.

3.3 Descrizione del processo di produzione acciaio al ciclo del forno elettrico

Il processo di produzione secondaria da rottame d'acciaio al carbonio e legato, prevede il seguente flusso operativo:

1. Movimentazione, stoccaggio materie prime di carica.
2. Movimentazione stoccaggio materie prime ausiliarie, additivi.
3. Carica del forno fusorio (EAF) con o senza preriscaldo.
4. Fusione in EAF dell'acciaio e affinazione.
5. Scorifica e spillaggio.
6. Trasporto attesa siviere.
7. Trattamenti di metallurgia secondaria.
8. Colata continua o in fossa dell'acciaio.
9. Riscaldo siviere.
10. Movimentazione trattamento e stoccaggio scoria.

Il seguente schema a blocchi riassume queste operazioni principali del processo di produzione di acciaio al forno elettrico, di cui diamo di seguito una sintesi.

1. Movimentazione e stoccaggio materie prime di carica

L'attività si svolge nel reparto dell'acciaieria dove è stoccata la materia prima in ingresso destinata alla carica del forno e costituita principalmente da rottame ferroso di diversa provenienza, da ghisa in pani o in tornitura e da minerale preridotto (DRI-HBI).
La materia prima di carica viene stoccata in un'area denominata parco rottame, generalmente coperto, di dimensione e di struttura adeguate alla potenzialità, tipologia e strategia commerciale e produttiva dell'acciaieria.
La materia prima può provenire dai reparti interni o da altri stabilimenti che trattano prodotti siderurgici e che producono degli sfridi di lavorazione, destinati poi alla rifusione, o dall'esterno (mercato nazionale o estero) tramite camion e/o vagoni ferroviari. Quest'ultimo materiale subisce un controllo radiometrico in ottemperanza alle norme di legge.
Le operazioni di scarico avvengono per ribaltamento del cassone del camion, o per scarico del rottame attraverso macchine operatrici, normalmente carriponte, attrezzate con ragni idraulici o con elettromagneti.

2. Movimentazione e stoccaggio materie ausiliarie ed additivi

Per la produzione dell'acciaio oltre alle materie prime di carica sono utilizzate materie prime ausiliarie ed additivi che hanno scopi diversi nel processo metallurgico quali ad esempio:

- **carbone**: in carica serve per apportare energia termica durante la fusione mediante la sua ossidazione; in pezzatura fine ed insufflato nella scoria del forno serve per il rigonfiamento della stessa allo scopo di migliorare il rendimento elettrico e proteggere dall'arco elettrico il refrattario del forno; aggiunto in siviera serve a carburare l'acciaio.
- **Calce, dolomite ecc.** : sono additivi utilizzati come scorificanti e concorrono a produrre lo strato di scoria sopra il bagno di acciaio liquido.
- **Ferroleghe**: vengono utilizzate per correggere la composizione chimica dell'acciaio da produrre.

Dette materie prime sono normalmente fornite in polvere od in pezzatura.
Nel primo caso la movimentazione e lo stoccaggio avvengono generalmente con autobotti che pneumaticamente trasferiscono il prodotto nei silos di stoccaggio presidiati da impianti di aspirazione e depolverazione.
Nel secondo caso la movimentazione avviene con autotreni che scaricano o su apposite aree, dove pale meccaniche raccolgono il materiale in mucchio, poi in genere coperto, o in apposite tramogge di scarico dotate di nastri trasportatori che trasferiscono il materiale nei vari silos di stoccaggio.
In entrambe i casi il materiale può essere imballato in big-bags, trasportato con autotreni e stoccato in apposite aree generalmente coperte.
I fenomeni emissivi vengono contenuti con impianti di aspirazione e relativa filtrazione.

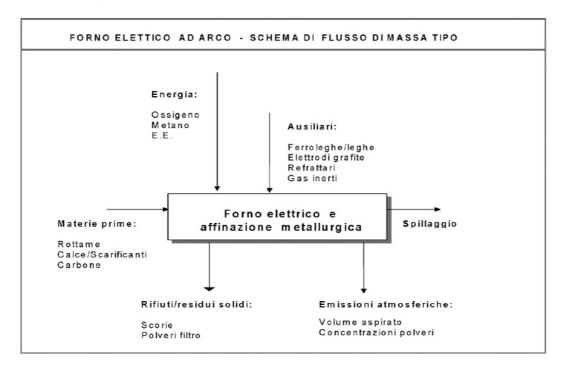
3. Carica del forno fusorio

Le materie prime di carica quali il rottame, l'eventuale ghisa e il preridotto, vengono usualmente trasferiti nelle ceste di carica (contenitori di acciaio con fondo apribile di dimensione proporzionata a quella del forno) secondo un mix riconducibile alla tipologia dell'acciaio da produrre.
In alcuni casi nella cesta si aggiungono altri prodotti quali il carbone in pezzatura e gli additivi scorificanti, quando non trasferiti direttamente dai silos al forno attraverso il 5° foro della volta o se fini insufflati mediante iniezione diretta con lancia all'interfaccia scoria acciaio liquido.
Le ceste, dal parco rottame alla zona di carica forno, sono movimentate con gru e con carrelli su gomma o su rotaia.
Nella produzione degli acciai ad alto contenuto di leghe gran parte della ferrolega è aggiunta in questa fase assieme al rottame.

La carica avviene dopo che al forno è stata tolta tensione, gli elettrodi sono stati sollevati e la volta è stata aperta. A questo punto è possibile effettuare l'introduzione in forno del contenuto della cesta attraverso l'apertura del fondo mobile tramite l'ausilio di un carroponte.
La suddetta operazione si ripete normalmente da due a quattro volte per ogni ciclo di colata con un peso delle cariche decrescente. Tali operazioni assorbono indicativamente da 1 a 3 minuti cadauna e l'intero ciclo di colata varia da 40 a 90 minuti a seconda della tipologia produttiva dell'acciaio.
In alternativa al metodo di carica descritto esistono altre tecnologie di carica che vanno da quella in continuo di preridotto (non usata in Italia) a quella in continuo di rottame preriscaldato (Consteel) o di semicontinuo dello stesso sempre preriscaldato (Shaft Furnace e Danieli). Detto preriscaldo avviene attraverso l'utilizzo del calore latente nei fumi che attraversano il rottame prima di essere inviati all'impianto di depurazione e consente un risparmio importante di energia elettrica, o mediante preriscaldo del rottame in cesta con bruciatori a metano.

4. *Fusione in EAF dell'acciaio*

Dopo la fase di carica del rottame si passa alla fase di fusione della carica metallica attraverso la somministrazione di energia termica con i seguenti sistemi :
- energia generata dall'arco elettrico degli elettrodi di grafite nel momento in cui chiudono il circuito sul rottame;
- energia generata da bruciatori alimentati da combustibili liquidi e oggi prevalentemente gassosi posizionati generalmente sulla parete del forno; dalla combustione del carbone di carica e del polverino di carbone con l'ossigeno iniettato nel bagno attraverso apposite lance e dalla ossidazione di alcuni elementi chimici presenti nel bagno stesso.

La figura seguente riporta uno schema di flusso di massa esemplificativo del processo siderurgico con forno elettrico ad arco.

L'operazione principale condotta nel forno fusorio è la fusione della carica metallica essendo, contrariamente al passato, la fase di affinazione dell'acciaio rinviata nel forno siviera e, per alcune tipologie di prodotti, ad altri trattamenti successivi (degasaggio sotto vuoto, ecc.)

Le capacità dei forni fusori presenti in Italia variano da 20 a 160 ton nominali di acciaio liquido spillato e i cicli fusori hanno durata media variabile da 40 minuti ad 1 ora e 30 minuti.

5. *Scorifica e spillaggio*

La scoria, prodotta dalla metallurgia della fusione e che si trova sul metallo liquido, viene in parte tolta durante il riscaldamento e l'ossidazione del bagno, alla fine della fusione e prima dello spillaggio. Il forno viene inclinato verso la porta di scorifica e la scoria defluisce naturalmente, cadendo in genere in una paiola posta ad un livello inferiore rispetto al forno, oppure su un'area di raccolta posta sempre ad un livello inferiore rispetto al forno, da dove viene rimossa a fine colata o periodicamente con mezzi meccanici.
Una volta portato l'acciaio liquido contenuto nel forno alla temperatura e all'analisi chimica voluta, si passa alla fase di spillaggio, che avviene inclinando il forno dalla parte opposta alla porta di scorifica e versando l'acciaio liquido, attraverso un foro di colata (bussaggio), oggi in prevalenza presidiato da sistemi EBT o da cassetto, nella siviera sottostante sempre preriscaldata.

6. *Trasporto-Attesa siviere*

Dopo lo spillaggio la siviera contenente l'acciaio liquido viene trasferita attraverso carri e/o gru al forno siviera (LF) per la fase di affinazione del metallo liquido. Se l'impianto è ancora occupato dalla siviera della colata precedente è possibile che la siviera nuova arrivata debba restare in attesa. In tale caso si provvede ad attivare l'insuffazione, attraverso il/i setti porosi posti sul fondo della siviera, del gas inerte al fine di mantenere omogeneizzato il bagno liquido. Per evitare la dispersione termica a volte sulla sommità della siviera viene posto un coperchio isolante.

7. *Metallurgia secondaria in forni (oimpianti) di affinazione*

L'acciaio liquido ottenuto dal forno fusorio viene in genere affinato in successivi impianti al fine di conferire al prodotto le caratteristiche e la composizione desiderate.
Le operazioni di trattamento dell'acciaio liquido possono essere diverse quali il trattamento in forno siviera, così detto perché la siviera svolge la funzione del forno, il degasaggio sotto vuoto, il degasaggio con arco sottovuoto, la decarburazione con argon ed ossigeno, la decarburazione sottovuoto con ossigeno, ecc.
Nella presente trattazione si farà riferimento, se non diversamente specificato, al processo di trattamento in forno siviera, essendo il più diffuso. Lo stesso trattamento nel forno siviera varia in relazione alla tipologia di acciaio prodotto. Per la produzione di acciaio comune, il trattamento in forno siviera è di breve durata e finalizzato prevalentemente ad una messa a punto di carattere termico, non dovendosi rispettare particolari vincoli di composizione chimica dell'acciaio. Diversamente, la produzione di acciai speciali comporta una fase di affinazione in forno siviera che spesso risulta più lunga di quella fusoria e pertanto tali acciaierie sono attrezzate in genere con 2 forni di affinazione per ogni forno fusorio.
Al forno siviera vengono normalmente eseguite le seguenti operazioni:
- Aggiunta di carbonio e/o ferroleghe per raggiungere la composizione chimica dell'acciaio.
- Insufflaggio di azoto/argon per l'omogeneizzazione chimica e termica del bagno.

Nel forno siviera vengono utilizzati additivi quali ferroleghe e scorificanti.
Alla fine del ciclo, se la siviera non deve passare al degasaggio sotto vuoto, sulla scoria che ricopre il bagno liquido viene messa una polvere di copertura termicamente isolante.
La decarburazione degli acciai ad alto cromo avviene con argon e ossigeno in un convertitore nel quale l'acciaio viene anche desolforato e portato in analisi; in questo caso il forno siviera svolge

essenzialmente la funzione di mantenimento della temperatura dell'acciaio prima dell'invio al colaggio.
Al termine dei trattamenti di metallurgia secondaria l'acciaio è pronto per essere colato in colata continua, per la produzione di billette, bramme, blumi, ecc. oppure in fossa, per la produzione di lingotti.

8. *Colata continua od in fossa dell'acciaio*

Colata continua
L'acciaio liquido viene usualmente colato in continuo. La colata continua è un processo che consente il colaggio di una o più siviere di acciaio liquido in un flusso continuo di billette, blumi, bramme, ecc.
L'acciaio viene spillato dalla siviera in una paniera, dalla quale è distribuito a flusso controllato in lingottiere di rame della dimensione appropriata raffreddate ad acqua.
Per prevenire l'incollaggio della "pelle " di acciaio solidificato, la lingottiera oscilla nel verso della colata con velocità superiore alla velocità di colata stessa, ed inoltre viene lubrificata con polveri od oli vegetali. Il flusso di acciaio solido viene estratto in continuo e ulteriormente raffreddato con spruzzi d'acqua diretti. Quando la solidificazione è completa, la barra di acciaio viene tagliata alla lunghezza richiesta usando sistemi automatici di taglio a ossigas o mediante sistemi meccanici (cesoie idrauliche) (nel taglio ossigas per l'acciaio inox è utilizzata l'iniezione di polvere di ferro).

Colata in fossa
Con la colata in fossa si producono dei lingotti di diverse forme (quadrata, rettangolare, poligonale, circolare) e pesi variabili da 200-300 kg a 400 ton..
Il riempimento delle lingottiere può avvenire per colaggio diretto, colaggio in sorgente o, più raramente, colata sotto pressione.
Il colaggio diretto prevede la colata dei lingotti singolarmente, uno dopo l'altro. Si può anche interporre una paniera tra la lingottiera e la siviera per una migliore gestione dei tempi e della velocità di colata e limitare l'impatto dell'acciaio liquido contro la lingottiera.
Il colaggio in sorgente consiste nel riempire contemporaneamente più lingotti attraverso una tubazione refrattaria verticale che termina ad imbuto, nella quale si immette l'acciaio liquido che passa poi in una raggiera di altri tubi refrattari orizzontali che alimentano ciascuno una lingottiera. L'acciaio sale nelle lingottiere per il principio dei vasi comunicanti. Si possono colare così contemporaneamente più lingotti.

9. *Riscaldo siviere*

L'operazione di riscaldo siviere si distingue in due tipologie distinte:
- il primo riscaldo siviere, che viene realizzato dopo il rifacimento del rivestimento refrattario, durante il quale avviene l'essicazione e successivamente la "cottura" del materiale refrattario, secondo un profilo di crescita della temperatura programmato.
- I successivi riscaldamenti delle siviere consistono nel mantenimento del refrattario ad una temperatura idonea sia per evitare l'assorbimento dell'umidità che per il ricevimento del metallo liquido durante lo spillaggio.

10. *Movimentazione trattamento e stoccaggio scoria*

L'operazione di svuotamento delle paiole provenienti dal forno e contenenti la scoria ancora allo stato liquido, pastoso o solido, oppure dei mezzi di raccolta e trasporto della stessa sfusa, ma allo stato solido, avviene per ribaltamento presso un'area definita parco scoria. In detta area, dopo il

raffreddamento naturale o aiutato con acqua, vengono effettuate le operazione di frantumazione dei blocchi e la relativa deferrizzazione. Successivamente si provvede a destinare il prodotto così trattato al deposito interno o, dopo il carico su automezzi, all'utilizzo come rifiuto recuperabile o alla messa in discarica.

3.4 La laminazione a caldo

I processi di laminazione a caldo appartengono alla famiglia dei processi di deformazione plastica a caldo.
Lo scopo è di modificare in modo permanente la forma e le caratteristiche meccaniche del materiale in ingresso.

Il materiale in ingresso ai laminatoi a caldo varia in forma e dimensioni a seconda del prodotto finale che bisogna ottenere e può essere costituito da:

lingotti colati: hanno in genere sezione quadrata e sono utilizzati per la produzione, tramite laminazione a caldo, di bramme, blumi e billette, che costituiscono i prodotti semifiniti. Le bramme, i blumi e le billette costituiscono il materiale in ingresso di altri laminatoi a caldo, nei quali si ottengono i prodotti finali. Tuttavia l'introduzione della colata continua, che ha consentito di ottenere i prodotti semifiniti direttamente dall'acciaio liquido, ha reso questo processo obsoleto.

bramme: sono prodotti semifiniti di sezione rettangolare, ottenuti o dalla laminazione dei lingotti colati o dalla colata continua.
Le bramme sono utilizzate per la produzione di prodotti laminati a caldo piani;

blumi e billette: sono prodotti semifiniti di forma quadrata o rettangolare, ottenuti o dalla laminazione dei lingotti colati o dalla colata continua. I blumi, rispetto alle billette, hanno una sezione maggiore.
I blumi e le billette sono utilizzati per la produzione di prodotti laminati a caldo lunghi;

bramme sottili e profilati sbozzati (beam blanks): questi prodotti sono ottenuti dalla colata continua in forma vicina a quella finale, tramite una tecnica di colaggio (detta "Near Net Shape") che può essere applicabile solo ai nuovi stabilimenti.

Dalla laminazione a caldo si possono ottenere prodotti appartenenti alle seguenti famiglie:

- Prodotti piani: nastri, lamiere, piatti larghi.
  I nastri laminati a caldo costituiscono un prodotto finito piatto laminato a caldo, con una sezione pressappoco rettangolare, la cui larghezza è notevolmente maggiore del suo spessore; i nastri laminati a caldo sono avvolti in coils.
  Il nastro laminato a caldo, a seconda della sua larghezza effettiva, viene distinto in: nastro largo a caldo (larghezza maggiore od uguale a 600 mm) e nastro stretto a caldo (larghezza minore di 600 mm).
  Dal taglio di nastri laminati a caldo si possono ottenere lamiere, dette "lamiera da nastro".
  La lamiera a grosso spessore è un prodotto finito piatto con una sezione trasversale pressappoco rettangolare, la cui larghezza e lunghezza sono considerevolmente maggiori rispetto allo spessore. Si definiscono lamiere a grosso spessore le lamiere con spessore maggiore o uguale a 3 mm.
  Il piatto largo costituisce un prodotto di larghezza compresa tra 150 e 1250 mm ed uno spessore superiore a 4 mm; viene fornito allo stato laminato, non avvolto in rotoli e per esso sono richiesti particolari requisiti per quanto riguarda la definizione degli spigoli. Il piatto

largo viene laminato su tutte e quattro le superfici oppure viene ottenuto mediante taglio di prodotti finiti piatti.

- Prodotti lunghi: profilati, barre, tondi (vergella)
  I profilati comprendono travi e pezzi similari (ad es. materiali per armamento ferroviario, come le rotaie), la cui altezza minima è di 80 mm.
  Le barre sono prodotti finiti la cui sezione trasversale può essere tonda, quadrata, rettangolare, esagonale, ottagonale e semitonda; il profilo può avere anche forme particolari (ad es. ad L, a T, a Z, ad I, etc.). Fanno parte delle barre di acciaio anche profilati e le travi con altezze < 80 mm.
  La vergella è un prodotto laminato a caldo di sezione relativamente piccola, che viene bobinato in matasse.

Inoltre con un processo di laminazione a caldo possono essere ottenuti tubi senza saldatura.

Il materiale da processare viene normalmente riscaldato a temperature tra i 1000 ed i 1300 °C per essere poi deformato attraverso l'applicazione di una compressione mediante utensili; la gestione delle temperature di processo nelle varie fasi della lavorazione permette di ottenere prodotti con caratteristiche meccaniche diverse.

Gli utensili utilizzati per trasmettere le pressioni necessarie alla deformazione del materiale sono normalmente di forma cilindrica, rotanti intorno all'asse, e sono detti "cilindri di laminazione".
Questi sono di materiali diversi, con generatrice retta o con generatrice sagomata, a superficie liscia o lavorata in funzione dei processi e dei prodotti.

Al termine della fase di deformazione a caldo possono essere realizzate sui prodotti altre lavorazioni meccaniche o processi termici allo scopo di modificarne le dimensioni e le proprietà.

Il ciclo di produzione della laminazione a caldo generalmente comprende le seguenti fasi:

1. Condizionamento semilavorato
2. Riscaldo del semilavorato
3. Discagliatura
4. Laminazione a caldo

3.5 La zincatura a caldo

A) Processo Discontinuo

In generale, le procedure operative relative alla tecnologia della zincatura a caldo sono riconducibili a due fasi principali:

- la preparazione superficiale dei pezzi da trattare;
- l'immersione nello zinco fuso durante la quale avviene il processo metallurgico con la reazione intermetallica tra fase solida (acciaio) e fase liquida (zinco fuso).

Di seguito elenchiamo gli stadi attraverso i quali si snoda il processo:

1. preparazione;
2. sgrassaggio;
3. decapaggio;
4. lavaggio;
5. flussaggio;
6. essiccazione e preriscaldo;
7. zincatura (rivestimento con metallo fuso);
8. finitura.

Discorso a parte merita lo strippaggio, che non è una fase di lavorazione, ma un trattamento mediante il quale gli strati di zincatura non conformi alla regola dell'arte vengono rimossi dal manufatto per consentirne il rientro nel ciclo produttivo. Lo strippaggio viene anche utilizzato per la pulizia degli attrezzi usati per la sospensione dei manufatti, che solitamente durante il processo vengono anch'essi rivestiti dallo zinco. Questa pratica ne consente il riutilizzo senza contaminare con lo zinco i bagni di decapaggio.

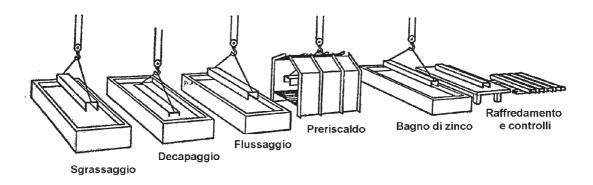



Fig. 1 – Lo schema del processo di zincatura generale a caldo.

Le fasi di sgrassaggio, decapaggio e flussaggio sono esclusivamente funzionali alla fase di zincatura vera e propria. Il trattamento di preparazione superficiale è, infatti, indispensabile per l'ottenimento dello strato di zincatura, dal momento che l'acciaio presenta in superficie contaminazioni dovute alla natura stessa della lega ferro-carbonio, quali strati di ossido, ruggine e calamina, e sostanze diverse, come oli ed emulsioni, eventualmente presenti perché prodotti da precedenti lavorazioni o semplicemente deposte durante le fasi di trasporto e stoccaggio precedenti all'arrivo in zincheria.

Gli impianti di zincatura prevedono una serie di vasche di pretrattamento collocate all'interno di una o più campate del capannone. Essi consistono essenzialmente in una serie di bagni di trattamento o

processo. L'acciaio viene trasportato lungo l'impianto da una vasca all'altra , subendo l'immersione nei bagni. La movimentazione avviene tramite gru a ponte o altri mezzi di trasporto aereo che traslano e ruotano i manufatti in sospensione.

Diversi fattori influenzano il consumo di risorse e le emissioni di inquinanti e scarichi dagli impianti di zincatura generale. Tra gli impianti possono esservi delle differenze apprezzabili a seconda:

- delle variazioni nella natura dei prodotti in acciaio immessi, come la misura, la forma e soprattutto la pulizia;
- del tipo di vasche utilizzate e del loro layout;
- delle apparecchiature per il riscaldamento;
- del flusso di processo e del grado di rigenerazione e riutilizzo dei materiali nel processo.

Gli impatti ambientali provocati dalla zincatura generale sono connessi alle emissioni in aria e alla produzione di rifiuti, in alcuni casi classificati come pericolosi. Le acque di scarico e le emissioni nelle acque sono considerate un problema secondario, in quanto oggigiorno è possibile gestire un impianto di zincatura producendo scarichi minimi e comunque in assenza di liquidi di processo. In ogni caso il dilavamento dello zinco dai piazzali é tenuto sotto controllo.

Fonti di emissioni in aria sono: la sezione di pretrattamento, la superficie dello zinco fuso ed i sistemi di combustione per il riscaldamento della vasca di zinco o di altre vasche di trattamento.

Durante il trasferimento dei manufatti da un bagno di trattamento all'altro, i vari fluidi (acidi, flussanti, ecc.) possono gocciolare dai pezzi. Il liquido viene poi raccolto e convogliato in contenitori appositi e può essere riciclato oppure smaltito come rifiuto chimico.

Il consumo di energia globale per l'acciaio zincato è di 300 - 900 kWh/ton di prodotto, per la maggior parte utilizzata per il riscaldamento dello zinco fuso.

B) Processo Continuo

La zincatura continua dei prodotti d'acciaio riguarda soprattutto i nastri laminati a freddo ed i fili trafilati.
Questo processo di rivestimento riguarda anche altri metalli (alluminio, piombo, zinco, stagno) con procedimenti che presentano sostanziali analogie (vedi 4.5.2).

3.6 La Fonderia

Generalità

Attraverso il processo di fonderia è possibile ottenere una serie di prodotti finiti , con caratteristiche fisiche metallurgiche e dimensionali ben definite, colando direttamente il metallo allo stato liquido in opportune forme.

L'industria di fonderia si suddivide a seconda del tipo di metallo prodotto, in fonderia di metalli ferrosi (ghisa e acciaio) e fonderia di metalli non ferrosi (alluminio, magnesio, rame, zinco, piombo, alte leghe non ferrose), fra le fonderie di metalli non ferrosi, vi sono inoltre, quelle che producono le cosiddette superleghe (leghe base Ni, Co)

<table>
<tr><td rowspan="14">FONDERIE</td><td rowspan="4">Metalli FERROSI</td><td colspan="2">Ghisa grigia</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ghise duttili (GS, GM)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Acciai</td><td>Basso legati</td></tr>
<tr><td>Alto legati</td></tr>
<tr><td rowspan="3">SUPERLEGHE
(leghe non ferrose alto fondenti)</td><td colspan="2">Base Ni</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Base Co</td><td>Con Fe</td></tr>
<tr><td>Senza Fe</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Metalli NON FERROSI</td><td colspan="2">Alluminio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Magnesio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Rame</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zinco</td></tr>
<tr><td colspan="2">Piombo</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cadmio</td></tr>
</table>

Il processo produttivo in fonderia

Il processo produttivo attuato nelle fonderie può essere ricondotto alle seguenti fasi:

1. Fusione e trattamento del metallo
2. Formatura e preparazione anime
3. Colata del metallo nella forma e raffreddamento
4. Distaffatura (o estrazione getti dalla forma)
5. Finitura del getto

All'interno della classificazione per tipo di lega prodotta, risulta rilevante il sistema di realizzazione della forma, ed il sistema di colata del metallo all'interno di essa.
Tradizionalmente le fonderie si suddividono in fonderie con forma a perdere (ciascuna forma è utilizzata una sola volta, e viene distrutta al momento dell'estrazione del getto) o con forme permanenti (la medesima forma viene utilizzata per produrre innumerevoli quantità di getti), la formatura con forme permanenti viene molto utilizzata nel campo dei metalli non ferrosi (in particolare per la produzione di getti di alluminio), associate a tecniche di colata a pressione (alta pressione o bassa pressione).
Nelle fonderie di metalli ferrosi, fatta eccezione per la realizzazione di getti centrifugati, la formatura viene realizzata in forme a perdere; in alcuni casi possono essere realizzati getti utilizzando sistemi di formatura misti (parte della forma a perdere e parte permanente).
Il tipo di lega da produrre ed il tipo di forma utilizzato, condizionano le caratteristiche degli impianti e la scelta dei processi utilizzati.

Le scelte tecnico – impiantistiche sono, inoltre condizionate dal tipo di mercato al quale la fonderia si rivolge, in particolare rispetto alle dimensioni dei getti da produrre e le relative serie.

Il processo produttivo di una fonderia può essere rappresentato dal seguente schema a blocchi:

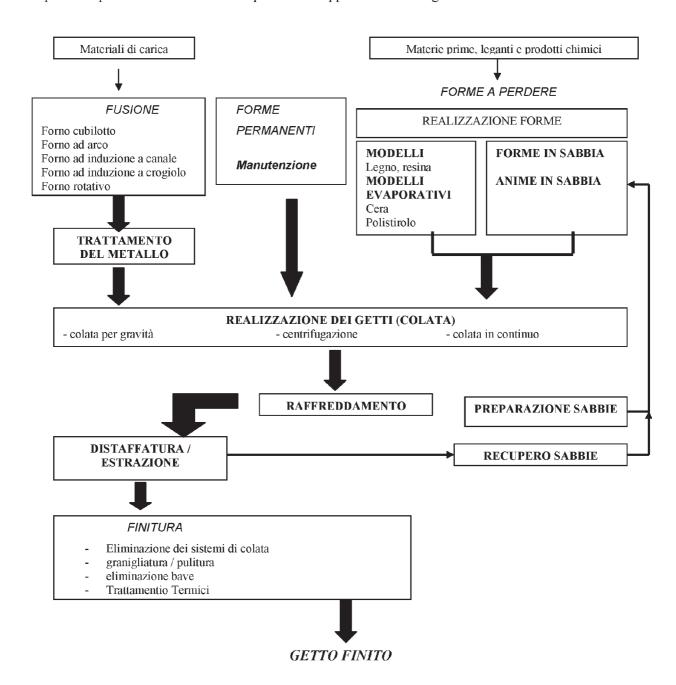



Fig 1. SCHEMA A BLOCCHI DEL PROCESSO PRODUTTIVO DI FONDERIA

Fusione e trattamento del metallo

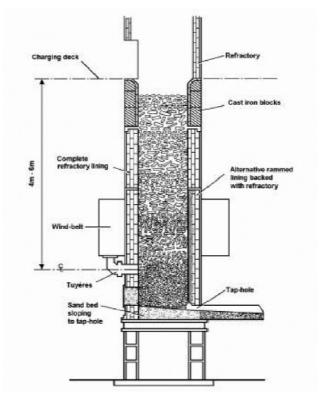
Di seguito sono riportati i principali tipi di forni utilizzati per la produzione di leghe ferrose e le loro applicazioni.

	Forno a cubilotto	Forno ad arco elettrico	Forno ad induzione a canale	Forno ad induzione a crogiolo	Forno rotativo
Ghisa	√	√	♦	√ ♦	√
Acciaio		√		√	
√ utilizzo per fusione ♦ utilizzo per il mantenimento del metallo fuso					

Nelle fonderie di ghisa il metallo deve avere, durante il processo, una composizione e una temperatura sempre ben determinata. La carica (costituita di solito da ghisa in pani per fonderia, rottami di ferro e/o acciaio, e con agenti alliganti come il Fe-Si) è solitamente fusa nei forni a cubilotto o in quelli elettrici. In questi ultimi tempi sta acquistando sempre più mercato il forno ad induzione, rispetto a quello a cubilotto.
Un altro tipo di forno che negli ultimi anni ha sostituito i forni cubilotti (in particolare quelli a vento freddo di medio piccole dimensioni), è il forno rotativo.
Trovano diffusione, sistemi cosiddetti "duplex" nei quali un forno di attesa, normalmente di tipo elettrico ad induzione, viene accoppiato ad un forno di fusione tipo cubilotto a rotativo.
Nelle fonderie di acciaio, il metallo è fuso nei forni ad induzione o in quelli ad arco elettrico. I forni ad arco elettrico hanno il vantaggio di poter usare anche scarti metallici di bassa qualità, poichè la fase di affinazione avviene all'interno del forno stesso.
Di norma, nella produzione degli acciai inossidabili dove il tenore di carbonio C deve essere minore dello 0.03%, questo tipo di forno non può essere utilizzato a causa del rilascio di carbonio da parte degli elettrodi di grafite, a meno di successivi trattamenti del metallo fuori forno.

I forni

□ *Forni a cubilotto: forni a vento freddo*

Il cubilotto è un forno a tino con rivestimento refrattario nel quale la carica metallica è riscaldata dalla combustione del coke, che avviene nella parte inferiore del forno (detta anche "cuore"). L'aria di combustione è iniettata nel "cuore" attraverso appositi ugelli dotati di una valvola di controllo che permette di regolare il flusso d'aria. Il forno è detto a vento freddo perchè l'aria di combustione è a temperatura e pressione ambiente.
Il funzionamento del forno è il seguente: una volta che la carica metallica ha raggiunto la zona di combustione, il metallo comincia a fondersi e a colare attraverso il coke, fino a raggiungere una zona sottostante la zona di combustione (crogiolo). Tutte le impurità sono intrappolate nella scoria (costituite principalmente da SiO_2, CaO e Al_2O_3) grazie agli agenti fondenti.
La scoria, ha una densità minore del metallo fuso, e quindi vi galleggia sopra e può essere agevolmente separata. Una volta che il metallo liquido ha raggiunto un determinato livello, si apre il foro di colata e si riempie la siviera, oppure si trasferisce il metallo fuso in un forno di mantenimento.

Schema di un forno a Cubilotto

Il rivestimento refrattario del cubilotto a vento freddo dura soltanto per una campagna di fusione, a causa del calore che si sviluppa e dell' azione chimica della scoria; per tale motivo ove richiesta una produzione giornaliera continuativa , il reparto fusorio è dotato di una coppia di forni.

Vantaggi

- Costi di investimento contenuti (12500-15000 euro/t di capacità produttiva oraria)
- Flessibilità nei materiali di carica utilizzabili
- Efficienza termica accettabile

Svantaggi

- Rigidità del regime produttivo (cambio tipologia di lega)
- Elevato costo della carica dovuta alle maggiori percentuali di ghisa in pani richieste
- Elevati costi ambientali
- Necessità di impianti di depolverazione di dimensioni adeguate agli alti volumi di emissioni prodotte

❑ *Forni a cubilotto: forni a vento caldo*

Costruttivamente, questo tipo di cubilotto è uguale a quello a vento freddo; l'unica differenza è che l'aria di combustione è riscaldata. In questo modo si ottengono i seguenti vantaggi:

- si riducono i consumi di coke
- si incrementa la temperatura del metallo
- si aumenta la velocità di fusione
- si può aumentare nella carica, la percentuale dei rottami di ferro rispetto alla ghisa, riducendo così i costi.

L’aria di combustione è riscaldata mediante calore recuperato dal forno stesso, oppure attraverso una fonte di calore esterna.
Gli investimenti per un forno ad aria calda sono molto maggiori rispetto a quelli necessari per uno ad aria fredda; per tale motivo, questo forno è economicamente conveniente solo quando si devono produrre più di 1000 t/mese di getti.

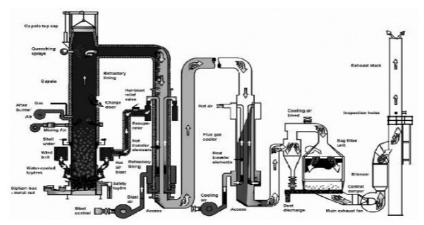
Vantaggi

- consumi di coke contenuti
- alte temperature di spillata
- elevata produzione oraria
- minore assorbimento di S nel bagno
- minori costi della carica (maggiore utilizzo di materiali di recupero)

Svantaggi

- maggiori costi di investimento
- rigidità nel regime produttivo (difficoltà di cambio di lega)
- elevati costi ambientali
- Necessità di impianti di depolverazione di dimensioni adeguate agli alti volumi di emissioni prodotte

❑ *Forni a cubilotto: forni a cubilotto a lunga durata*

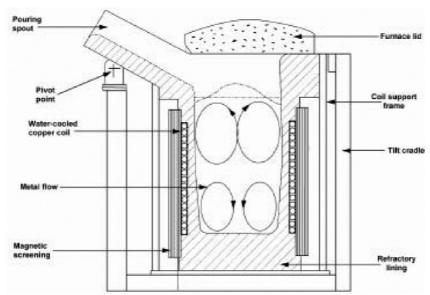
Questi forni a cubilotto possono essere sia a vento freddo che caldo; la loro particolarità sta nel fatto di non avere un rivestimento refrattario all’interno, ma di avere le pareti del forno raffreddate ad acqua, fin sopra la zona del crogiolo di raccolta del metallo fuso. In questo modo il forno può funzionare in modo continuativo, anche per diversi mesi, poichè non c’è nessun materiale refrattario che si usura e che deve essere ripristinato. D’altra parte questo tipo di forno porta a perdite di calore di tenore elevato.

Rappresentazione schematica di un forno a cubilotto per lunga durata

❑ *Forni ad arco elettrico*

Il forno ad arco elettrico è un forno nel quale il metallo è fuso attraverso il calore prodotto dea un arco elettrico. Il metallo da fondere è posto nel tino ed è ricoperto da un coperchio, di materiale refrattario, attraverso il quale passano i tre elettrodi di grafite. Il metallo è fuso dal calore dell’arco elettrico che scocca tra i tre elettrodi di grafite e la carica che svolge la funzione di neutro. Una volta che il metallo è stato fuso, il forno viene svuotato ribaltandolo e versando il materiale attraverso un apposito “becco”. Il rivestimento del forno può essere sia acido (SiO_2) che basico (MgO).
Il rivestimento acido è utilizzato per fondere gli scarti con basso contenuto di zolfo e fosforo; infatti questi due elementi potrebbero essere rimossi con l’aggiunta di calce e calcare, che però

rovinerebbero anche il rivestimento del forno. Con questo tipo di rivestimento, l'unica operazione di affinazione del bagno che può essere effettuata è la decarburazione. Questa avviene introducendo ossigeno nel metallo fuso che, reagendo con il carbonio, ne riduce il tenore, producendo CO.
Il rivestimento basico permette l'utilizzo di tutti i tipi di rottami di acciaio. Con questo tipo di rivestimento, oltre all'operazione di decarburazione, si può anche effettuare la desolforazione e la defosforazione, introducendo nel metallo fuso calce e calcare.

❑ ***Forno ad induzione senza nucleo***

Questo tipo di forno è utilizzato per fondere metalli ferrosi e non. Il forno è rivestito internamente da materiale refrattario, che contiene al suo interno delle spire di rame raffreddate ad acqua, attraverso le quali passa la corrente. L'esterno del forno è racchiuso in una carcassa di acciaio.

spaccato di un forno ad induzione

La frequenza della corrente che nelle spire dell'induttore influenza la penetrazione della corrente stessa all'interno del materiale da fondere. Quindi la frequenza di funzionamento influenza anche la dimensione (capacità) del forno. Con frequenze di 50 Hz si hanno forni di una portata non inferiore ai 750 Kg; con frequenze di 10 KHz la capacità deoi forni non va oltre i 5 Kg.
Questo tipo di forno è utilizzato, di norma, per fondere il metallo, ma non per mantenerlo alla temperatura desiderata. Per questo tipo di operazioni si utilizzano preferibilmente, forni ad induzione a canale.

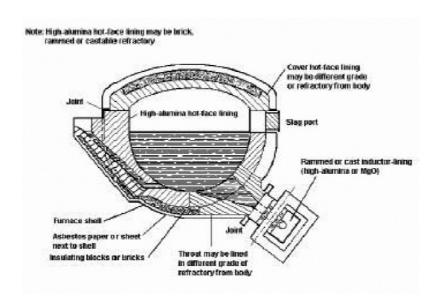
Vantaggi

- Alta flessibilità nella produzione di varie tipologie di leghe
- Brevi tempi di fusione
- Basso impatto ambientale
- Bassa manutenzione legata alla durata del rivestimento refrattario
- Buon controllo di processo con possibilità di computerizzazione, con conseguente controllo ottimale delle temperature
- Intensa agitazione del bagno con omogeinizzazione del metallo fuso
- Semplicità delle operazioni di caricamento, campionamenti di verifica, scorifica
- Possibilità di operare come forno di attesa, seppur con bassa efficienza

Svantaggi

- Maggiori costi energetici rispetto a forni coi combustibili fossili
- Minore effetto di pulizia sul bagno dovuto al basso quantitativo di scorie e alla relativamente ridotta superficie di contatto fra metallo e scoria
- Alti costi di investimento
- Non adatti per alte produttività orarie

❑ *Forni ad induzione a canale*

Questo tipo di forno è costituito da un grosso "bacino", isolato termicamente, equipaggiato con un coperchio amovibile, realizzato per permettere la carica del forno. Solitamente il forno ha anche un meccanismo idraulico che ne permette il basculamento per la spillata e la manutenzione.
Per funzionare, il forno richiede che sia sempre presente una quantità minima di metallo liquido al suo interno; per questo motivo la capacità del forno è sempre contrassegnata con due valori (ad es. 60/35 Kg), in cui il primo valore contrassegna la capacità totale, mentre il secondo la capacità utile: la differenza tra i due è la quantità minima di metallo che deve essere presente nel forno.

spaccato di un forno ad induzione per il mantenimento

Questo tipo di forno è utilizzato principalmente come forno di mantenimento del metallo fuso, in abbinamento con un forno fusorio (duplex)

Vantaggi

- Elevata efficienza termica come forno di attesa e surriscaldo
- Minimo effetto di ossidazione degli elementi di lega
- Ridotta manutenzione

Svantaggi

- Presenza costante di una minima quantità di metallo fuso per garantirne il funzionamento
- Impossibilità di partenze a freddo

- Difficoltà di monitorare l'usura del canale
- Pericoli potenziali dovuti al perdite accidentali di acqua dalla bobina dell'induttore, difficili da poter prevenire

□ *Forno rotativo*

Questo forno consiste in un cilindro orizzontale, nel quale la carica metallica è fusa da un apposito bruciatore situato ad una estremità, mentre i gas di scarico fuoriescono dal forno dalla estremità opposta. Durante il funzionamento, il forno ruota lentamente intorno al suo asse, in modo da permettere una omogenea distribuzione del calore al suo interno. Una volta che il metallo è stato fuso, si apre il foro di spillaggio, e il contenuto è trasferito nelle siviere o nei forni di mantenimento.
Il forno rotatorio può essere utilizzato per fondere sia ghisa che alluminio. É un forno che presenta bassi costi di investimento e una facile manutenzione; per contro ha lo svantaggio di bruciare, durante il suo funzionamento, elementi come C, Si, Mn e S, che devono essere ripristinati con apposite aggiunte prima o dopo la fusione.

Vantaggi

- Veloci cambi di produzione di leghe
- Fusione senza contaminazione della lega
- Bassi costi di investimento
- Ridotte produzioni di emissioni con necessità di più contenuti sistemi di depurazione
- Facile manutenzione

Svantaggi

- Maggiore ossidazione degli elementi di lega del bagno
- Maggiori consumi di combustibile se utilizzato in modo discontinuo
- Consumi energetici proporzionali alla quantità di acciaio (rottami) in carica

Il processo di affinazione dell'acciaio

Questo processo consiste soprattutto nella decarburizzazione dell'acciaio, in modo da eliminare il carbonio e cambiare le caratteristiche metallurgiche del metallo. I modi per realizzare questa operazione si avvalgono di appositi convertitori, che sono:

- il convertitore ad ossigeno ed argon (AOD)
- il convertitore ad ossigeno sotto vuoto (VODC)

Nel convertitore AOD la prima fase del processo è costituita dall'iniezione di ossigeno per la decarburazione. Una volta che il carbonio ha raggiunto la concentrazione desiderata, l'iniezione di ossigeno è fermata e si aggiungono silicio e manganese, per bloccare le reazioni nel metallo fuso, che possono portare ad una vera e propria "bollitura" dello stesso. La fase di desolforazione è effettuata aggiungendo al bagno Al o Si con calcare e iniettando argon. In questo modo si riesce ad ottenere un livello di S minore a 0.005%.
Con il convertitore VODC la fase di decarburazione è uguale a quella effettuata con il convertitore AOD. Una volta portato il carbonio alla concentrazione desiderata, il convertitore è posto sotto vuoto (1-5 mbar) da una pompa; in questo modo si eliminano le impurità come idrogeno, azoto, e il contenuto di zolfo decresce notevolmente (più di quello ottenibile con il convertitore AOD).
Con il convertitore VODC si riescono ad ottenere gli acciai con le migliori caratteristiche meccaniche.

Trattamenti sulla ghisa

La ghisa liquida, prima della colata nelle forme, necessita di opportuni trattamenti allo scopo di ottenere migliori risultati qualitativi, o specifiche strutture metallurgiche sui getti; alcuni di tali processi presentano una rilevanza dal punto di vista del loro impatto ambientale.

Desolforazione
La desolforazione della ghisa può essere effettuata con l'aggiunta di sostanze come Ca C_2 o CaO capaci di legarsi stabilmente con lo S. Il solfuro che si forma viene rimosso dal bagno liquido come scoria. Il processo utilizzato deve prevedere una adeguata agitazione del bagno, ottenuta per via meccanica o per insufflazione di un gas inerte.

Sferoidizzazione
La fabbricazione di getti a grafite sferoidale, comporta l'aggiunta al metallo liquido, di specifiche leghe a base di Mg. Tale aggiunta può essere accompagnata da violente reazioni di ossidazione del Mg, se non vengono prese, nel processo, tutte le precauzioni necessarie che da un lato ottimizzano la resa del Mg, e dall'altro limitano gli effetti della reazione esotermica di ossidazione del Mg.
Le tecniche (processi) di sferoidizzazione sono numerose, e fra le più utilizzate vi sono:
Metodo "sandwich" (siviera aperta)
Tundish cover (siviera con coperchio)
Convertitore Fischer
Trattamento con filo
Processo "in mold" (sferoidizzazione in forma)
La scelta del processo di sferoidizzazione ottimale è legata a ragioni tecnico-economiche correlate con le tipologie di produzione e le serie, oltre che con il lay-out impiantistico della fonderia e, pertanto, specifica per ogni realtà produttiva.

Tecniche di formatura (preparazione delle forme e delle anime)

I metodi di formatura, cioè di preparazione della forma, si distinguono solitamente in due gruppi:
(1) i metodi di formatura in forma transitoria, caratterizzati dal fatto che ogni forma può essere utilizzata per una sola colata e viene distrutta al momento di estrazione del greggio
(2) i metodi di formatura in forma permanente, (o in conchiglia), nei quali la forma è progettata e realizzata in modo da poter essere utilizzata per un numero elevato di colate.

Le cavità eventualmente presenti all'interno del getto sono realizzate mediante parti di forma chiamate *anime*; realizzate in sabbia agglomerata con leganti chimici, e sono introdotte nella forma prima della sua chiusura.
Le anime vengono utilizzate nella produzione di getti sia nei sistemi con formatura transitoria (a perdere), sia nei sistemi con forma permanente, nei processi per colata a gravità.

La formatura transitoria

I vari procedimenti di formatura in forma transitoria hanno in comune il fatto che il materiale di formatura è costituito da:
- un elemento refrattario
- un elemento legante, che garantisce la coesione della forma
- degli additivi, che hanno la funzione di correggere alcune caratteristiche del materiale di formatura, poco adatte all'uso della fonderia (non sempre presenti); spesso gli elementi leganti hanno anche la funzione di additivi

I principali elementi refrattari sono delle terre (sabbie) costituite da:
- Quarzo (SiO_2): questo tipo di terra è una delle più comuni e una delle più usate, anche per il suo basso costo
- Cromite ($FeO.Cr_2O_3$): questo tipo di terra ha una refrattarietà maggiore rispetto a quella silicea, e i grani sono mediamente più piccoli, in modo da far ottenere una migliore finitura superficiale del prodotto finito.
- Silicato di zirconio ($ZrSiO_4$): questo tipo di terra ha caratteristiche simili a quella di cromite, ma permette finiture superficiali ancora migliori.
- Olivine: questo tipo di terra è prodotta macinando le rocce naturali. È utilizzata soprattutto per

la produzione di pezzi in acciaio al Mn.

I principali elementi leganti sono:

- Bentonite: questo legante è una argilla con componente attivo la montmorillonite. La bentonite è speso attivata con di soda, per originare un legante che insieme alla sabbia, dà una miscela con un'ottima resistenza meccanica a secco e una lunga durata anche a temperature elevate.
- Resine: le resine sono dei leganti chimici che possono essere classificate in base al processo di indurimento a cui sono sottoposte:
  - Indurimento a freddo (cold-setting resins)
  - Indurimento con gas (gas-hardened resins)
  - Indurimento a caldo (hot curing resins)

Insieme alle resine sono spesso utilizzati catalizzatori gassosi per iniziare il processo di indurimento.
I campi di applicazione delle diverse resine sono riportati nella tabella seguente:

Hardening	Resin type ("commercial name")	Mould production	Core production	Curing temperature	Hardening time (*)	Metal types	Size of Series
Cold-setting	Furan	medium to large	some	10 - 30 °C	10 - 120 min	ferrous	small to large
	Phenolic	large	no	10 - 30 °C	10 - 30 min	ferrous	small to large
	Polyurethane ("Pepset/Pentex")	small to medium	some	10 - 30 °C	5 - 60 min	ferrous + non-ferrous	small to large
	Resol ("Alfaset")	small to large	some	10 - 30 °C	5 - 400 min	ferrous + non-ferrous	small to large
	Alkyd oil	large	some	10 - 30 °C	50 min	staal	small
	Silicate	medium to large	no	10 - 30 °C	1 - 60 min	ferrous	small to medium
Gas hardening	Phenolic/Furan[1] ("Hardox")	small	yes	10 - 30 °C	Immediate	ferrous + non-ferrous	all
	Polyurethane ("Cold Box")	small	yes	10 - 30 °C	Immediate	ferrous + non-ferrous	all
	Resol ("Betaset")	small	yes	10 - 30 °C	Immediate	ferrous + non-ferrous	all
	Acryl/Epoxy ("Isoset")	no	yes	10 - 30 °C	Immediate	ferrous + non-ferrous	all
	Silicate	small	yes	10 – 30 °C	Immediate	ferrous + non-ferrous	all
Thermosetting	Oil	small	yes	180 - 240 °C	Immediate	staal	small
	"Warm box"	seldom	yes	150 - 220 °C	20 - 60 s	ferrous	medium to large
	"Hot Box"	seldom	yes	220 - 250 °C	20 - 60 s	ferrous	medium to large
	"Croning"	yes	yes	250 - 270 °C	120 – 180 s	ferrous + non-ferrous	large

(*): i.e. the release time - the time in which the mould/core has gained sufficient strength to be released from the pattern.

- Nero minerale: questo additivo è utilizzato soprattutto nelle fonderie di metalli ferrosi. Ha la proprietà di migliorare la finitura superficiale del pezzo fuso e di facilitare le operazioni di sformatura.
- Farina di cereali: questo legante ha la proprietà di eliminare i difetti dovuti all'espansione della forma.
- Ossidi di ferro: additivo utilizzato soprattutto nella fabbricazione delle anime

Metodologie per la formatura in forma transitoria

Procedimento con formatura in terra verde: si utilizzano terra e bentonite (max 10%). La terra è compatta intorno al modello tramite apposite macchine di formatura, che funzionano a pressione o a vibro-compressione. Questa formatura è utilizzata sia per i metalli ferrosi che non.

Procedimento con formatura in terra non legata (o sotto vuoto): in questo caso non è presente nessun legante. La forma si realizza mediante sabbia sciolta depositata sul modello, al quale è applicato un sottile film plastico (PEVA), che garantisce la tenuta una volta che la forma è posta in depressione. Il vuoto consente di mantenere la geometria dell'impronta realizzata, quando si estrae il modello e nelle successive fasi di colata del metallo. La sformatura avviene semplicemente eliminando il vuoto; la sabbia si stacca dal modello ed è riciclata, senza nessun tipo di trattamento di recupero

Procedimento con formatura con terra e leganti chimici: i procedimenti principali sono tre:

1. Procedimento con indurimento a freddo effettuato a temperatura ambiente.
2. Procedimento di formatura con indurimento con gas (cold box)
3. Procedimento di formatura con indurimento termico (hot box, shell)

Procedimento di formatura con indurimento a freddo (catalizzatore liquido)		
Legante	**Catalizzatore a temperatura ambiente**	**Descrizione**
Fenoli-formaldeide o urea-formaldeide/fenoli-formaldeide copolimeri	Acido solfonico (paratoluene, xilene) con l'aggiunta talvolta di acido solforico	I componenti sono molto economici
Furani	Acido solfonico (paratoluene, xilene) con l'aggiunta talvolta di acido solforico	I componenti sono molto economici. Il processo di indurimento è più facile che con resine fenoliche
Resine fenoliche e isocianato	Derivato della piridina	Utilizzato sia per anime che forme. Non sempre utilizzabile per le colate in acciaio.
Soluzione fenolica alcalina di resol	Estere liquido	Utilizzate per picole o medie produzioni
Resina di poliestere e isocianato	-	Si ottiene una buona finitura superficiale del pezzo. Procedimento costoso
Estere e soluzione alcalina di silicato	-	Utilizzato nelle fonderie di acciaio.
Cemento		Il mezzo più semplice ed economico per pezzi di grandi dimensioni

Procedimento di formatura con indurimento con gas (cold box)		
Legante	**Catalizzatore gassoso**	**Descrizione**
Resine fenoliche e isocianato	Dietilammina, Difenilammina Diisopropilammina, Dimetilammina	Permette una elevata finitura superficiale del pezzo e anche una elevata accuratezza dimensionale
Soluzione fenolica alcalina di resolo	Formiato di metile	Difficoltà nel recuperare la sabbia
Resine furaniche	SO_2	La forma ha buone proprietà meccaniche, e le rotture sono molto difficili
Resine epossidiche/acriliche con perossido organico	SO_2	La forma ha buone proprietà meccaniche, e le rotture sono molto difficili
Silicato di sodio	CO_2	Poco costoso. La forma non presenta caratteristiche meccaniche molto buone
Soluzione fenolica alcalina	CO_2	-

Procedimento di formatura con indurimento termico (hot box – shell)		
Legante	**Catalizzatore attivato con il calore**	**Descrizione**
Urea/fenoli-formaldeide	Sali di ammonio di acidi minerali	La forma presenta caratteristiche meccaniche e dimensionali molto buone
Resina fenolica che in uno strato sottilissimo avvolge il grano siliceo (sabbia prerivestita)	-	Il procedimento è chiamato shell-molding. È un procedimento utilizzato per la produzione in serie di anime e di forme impiegabili nella fonderia di metalli ferrosi e non. La precisione dimensionale e la finitura superficiale sono molto buone
Olio di lino	-	Facile da realizzare. Utilizzato per piccole anime
Olio d'alchide	-	Facile da realizzare. Utilizzato per piccole anime

Procedimento di formatura con modello in materiale espanso

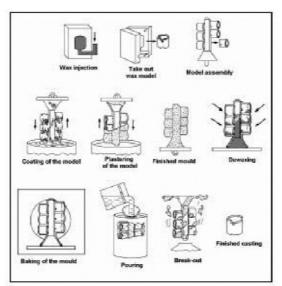
In questo caso il modello non è rimosso dalla forma prima della colata, ma rimane all'interno di essa ed è distrutto quando si cola il metallo.

il processo porta ad una elevata accuratezza dimensionale ed ad un'ottima precisione superficiale. Può essere utilizzato sia con terre senza leganti, sia con terre con leganti chimici.

La formatura con forme permanenti

In questo caso le forme sono fatte di metallo, e sono quindi riutilizzate più volte. L'elevato costo di lavorazione rende giustificabile questo tipo di formatura per le produzioni di serie. La forma è realizzata in lega metallica, normalmente acciai legati o ghise speciali, in modo da essere utilizzata per un numero elevato di getti uguali.

La formatura di precisione

Il punto di partenza è la realizzazione, tramite iniezioni in conchiglia, di un certo numero di modelli a perdere in cera. Una volta realizzati i modelli in cera, questi sono immersi in una vasca contenente il materiale ceramico per il primo strato e, allo stato umido, esposto sotto una pioggia materiale refrattario in polvere; tale ciclo viene poi ripetuto fino al raggiungimento dello spessore richiesto del guscio.
Ottenuto il guscio, prima di procedere alla colata del metallo, è necessario svuotarlo dalla cera del modello e, in alcuni casi procedere alla sinterizzazione del guscio attraverso cottura in forno

Questo metodo è solitamente utilizzato per realizzare pezzi con elevati requisiti di precisione dimensionale, utilizzati allo stato grezzo di colata (fonderie di precisione) e per realizzare getti artistici (fonderie artistiche).

La fase di colata

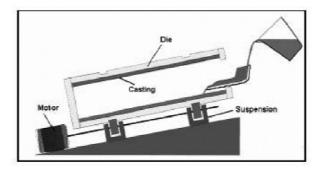
Colata nelle forme transitorie
Il metallo è colato nelle forme attraverso la siviera, o mediante un apposito forno di colata.
Una volta colato il metallo, ha inizio la prima parte del raffreddamento del pezzo, che può richiedere tempi differenti in funzione della massa del getto. Finita questa fase, la forma viene aperta e distrutta ed il getto viene separato dalla terra di formatura, permettendo il successivo recupero di parte di questa.

Colata in forme permanenti

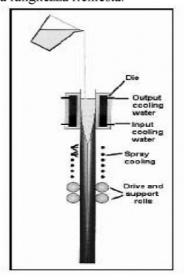
Colata a gravità

Il procedimento consiste nel versare il metallo nella conchiglia per il semplice effetto della gravità, analogamente alla colata nelle forme di terra a perdere.
La colata a pressione, diversamente che per i metalli non ferrosi, non viene utilizzata per i getti di ghisa e di acciaio.

Colata centrifuga

Questa tecnica si applica per produrre pezzi cilindrici o simmetrici rispetto ad un asse longitudinale.
Con questa tecnica si riescono ad ottenere proprietà meccaniche del pezzo non ottenibili con gli altri metodi.

schema della colata per centrifugazione

Colata continua

La colata continua è uno dei principali metodi per ottenere barre, tubi e profilati metallici, con un'alta produttività. Il metallo fuso passa attraverso la conchiglia e acquista la forma desiderata. Appena al di fuori è raffreddato e poi tagliato alla lunghezza richiesta.

Trattamenti di finitura

I principali trattamenti meccanici che si applicano sui pezzi colati, una volta raffreddati, sono:
- rimozione del sistema di colata
- rimozione dei residui di sabbia della forma
- rimozione delle bave
- riparazione di eventuali imprecisioni dovute ad errori durante la colata

Si cerca di effettuare tutte queste operazioni in modo automatizzato, in modo da aumentare la produttività. Per quanto riguarda la sbavatura, soprattutto nelle produzioni di serie, si cerca di fare in modo che le bave si formino in parti del pezzo facilmente accessibili, in modo da ridurre i tempi di lavorazione.

Trattamenti termici

Per i pezzi metallici, i trattamenti termici che sono principalmente sono quello di ricottura e quello di tempera. In particolare, per la ghisa sferoidale, i trattamenti termici che possono essere praticati sono:
- Ricottura di distensione: consiste in un riscaldamento del pezzo ad una velocità di 50-100 °C all'ora fino a 600 °C, seguito da un mantenimento a tale temperatura per un minimo di un'ora, e a un raffreddamento di 50 – 100 °C all'ora.
- Eliminazione dei carburi: consiste nel mantenere il pezzo ad una temperatura di 900-925 °C dalle 3 alle 5 ore.
- Bonifica: consiste nel riscaldare il pezzo alla temperatura di austenitizzazione, intorno ai 1000°C, con un successivo rinvenimento intorno ai 500°C.
- Ricottura per produrre una matrice ferritica: consiste nel mantenere il pezzo ad una temperatura di 900-925 °C dalle 3 alle 5 ore, seguito da un lento raffreddamento a 20 – 35°C/h attraverso l'intervallo di temperatura critica (710 – 800°C), e da un raffreddamento a 50-100 °C all'ora fino ai 200°C.
- Normalizzazione per produrre una matrice perlitica: riscaldamento a 900-925 °C per decomporre i carburi, seguito da raffreddamento in aria calma per attraversare in discesa la temperatura critica, ottenendo una struttura perlitica.
- Ottenimento di strutture di tempra: mediante austenitizzazione a 900-920 °C, con successiva tempra in olio a 600 °C .
- Processo di "austempering" della ghisa sferoidale:
  L'austempering è un processo di tempra isotermica, per ottenere strutture ausferritiche.
  Questo processo è utilizzato, in particolare per produrre getti in ghisa sferoidale (ADI) con elevate caratteristiche meccaniche.
  Il processo è in due stadi: riscaldamento in campo austenitico intorno a 815-930 °C, seguito da tempra isotermica in bagno di sali a temperatura compresa tra 400 e 230 °C.

4. Descrizione delle analisi elaborate in ambito comunitario per la individuazione delle BAT:

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni e rifiuti)
B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

4.1 Concetto generale di "migliori tecniche disponibili"

Il concetto generale di *" migliori tecniche disponibili"* è quello riportato all'art.2(11) della direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrata dell'inquinamento, recepito nell'ambito del D.Lgs n.372/99, che in particolare definisce per *migliori tecniche disponibili (BAT – Best Available Tecniques):*

"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo dell'attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso."

L'art.2(11) chiarisce ulteriormente le suddette definizioni specificando il significato di ciascun termine nel modo seguente:

– ***"migliori":****"qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso";*
– ***"tecniche":****"si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, esercizio e chiusura dell'impianto;*
– ***"disponibili":****"qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purchè il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli";*

In particolare le *"tecniche"* di prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento possono essere a loro volta di tipo integrato con il processo oppure possono essere delle tecnologie da prevedere a valle del processo per la riduzione del suo impatto sull'ambiente.

Con questa suddivisione le BAT sono state presentate nel BREF, con un'esauriente descrizione sulla fattibilità tecnico-economica e sulle prestazioni ambientali; in forma sintetica, senza una particolare suddivisione, l'elenco viene riassunto a conclusione della presentazione di ogni impianto.
Nelle pagine seguenti, l'elenco delle BAT riportato ha una struttura diversa; esso segue le varie fasi del processo di produzione, consentendo maggiore completezza e facilità di consultazione.

4.2 Il ciclo integrato

4.2.1 Cokeria

Per le cokerie i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:

- la prevenzione delle emissioni a carattere diffuso;
- il trattamento del gas di cokeria;
- il trattamento delle acque reflue, considerando in particolare l'ammoniaca.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi,emissioni,rifiuti)

Il processo di produzione del coke metallurgico comprende le seguenti fasi:

1. *preparazione della miscela di carbon fossile;*
2. *caricamento della miscela di carbon fossile nelle batterie di forni a coke;*
3. *cokefazione;*
4. *sfornamento del coke;*
5. *spegnimento del coke;*
6. *trattamento del gas di cokeria;*
7. *trattamento del coke*

Per ciascuna delle suddette fasi vengono di seguito descritte le attività svolte e le principali componenti di natura ambientale su cui applicare le B.A.T. ai fini della prevenzione integrata dall'inquinamento.

1. Preparazione della miscela di carbon fossile

I carboni di diversa qualità, stoccati selettivamente in cumuli a cielo aperto date le grosse quantità in gioco, vengono quindi ripresi ed inviati, a mezzo nastri trasportatori, alla fase di preparazione della miscela per ottenere il mix idoneo al processo di cokefazione.
Le diverse qualità di carboni vengono stoccati in diversi sili e quindi successivamente ripresi, vagliati e quindi dosati e miscelati prima dell'invio alle torri di stoccaggio fossile, che a loro volta sono dotate di una serie di tramogge, da cui attingono le macchine caricatrici.
Per ottenere la granulometria idonea al processo di cokefazione i carbon fossili possono essere sottoposti oltre che all'operazione di vagliatura, anche all'operazione di frantumazione.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle che derivano dalle operazioni di manipolazione, frantumazione e vagliatura dei carboni per la preparazione della miscela di fossili da caricare nelle batterie di forni a coke.

2. Caricamento della miscela di carbon fossile nelle batterie di forni a coke.

Il caricamento della miscela di carbon fossile avviene tramite l'utilizzo di apposite macchine caricatrici che operano sul piano di carica delle batterie di forni a coke.
Per gravità si ha il trasferimento del carbon fossile dalle tramogge delle torri fossile alle tramogge delle caricatrici. Il numero di queste ultime dipende dal numero delle bocchette di carica di ciascun forno della batteria, bocchette generalmente in numero di cinque.
La macchina caricatrice si sposta lungo il piano di carica su appositi binari e si posiziona sul forno da caricare. Il caricamento ha quindi luogo secondo la seguente sequenza:

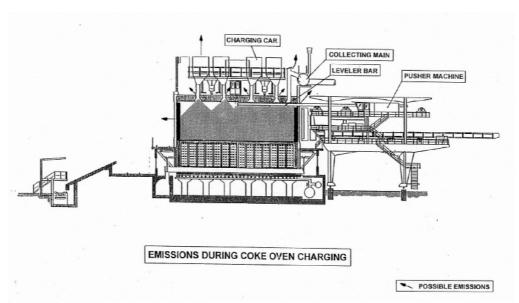
- chiusura delle porte su ambo i lati del forno da caricare;
- attivazione del sistema di aspirazione dei gas di caricamento, realizzando una depressione all'interno del forno con l'iniezione di vapore o acqua in pressione nel tubo di sviluppo;
- i coperchi delle bocchette di carica vengono sollevati dalla macchina caricatrice;
- posizionamento delle tramogge di trasferimento della macchina caricatrice con le rispettive bocchette di carica.

La miscela di carbon fossile si trasferisce per gravità da ciascuna tramoggia della caricatrice al forno e conseguentemente si ha la formazione di coni di materiale all'interno del forno in corrispondenza di ciascuna bocchetta di carica. Questi coni sono livellati mediante un'asta spianante presente sulla macchina sfornatrice al fine di mantenere libero un canale gas tra il pelo libero del carbon fossile caricato e la sommità del forno. Tale canale gas permette ai gas di distillazione di fluire verso il tubo di sviluppo, per effetto della depressione realizzata con l'eiezione di vapore o acqua, e di essere convogliati al bariletto ed al sistema di trattamento del gas di cokeria.

Il caricamento termina con la chiusura delle bocchette di carica e la macchina caricatrice ritorna sotto la torre fossile per approvvigionarsi di altra miscela da caricare in un altro forno e la sequenza riprende nuovamente.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di caricamento derivano:

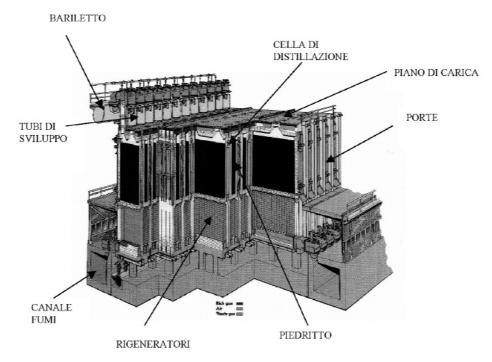
- dagli accoppiamenti della caricatrice con il forno;
- dalla perdita della tenuta a fine caricamento;
- dalle porte dei forni;
- dai coperchi dei tubi sviluppo (cappellotti);
- dallo sportelletto di spianamento durante l'operazione di livellamento

Di seguito viene riportato uno schema che evidenzia i suddetti punti di emissione.

3. Cokefazione

La cokefazione avviene in forni a sezione rettangolare che vengono riempiti con la miscela di carbon fossile da distillare. Il carbon fossile all'interno della cella viene riscaldato

esclusivamente da due opposte e parallele camere di combustione che trasmettono il calore attraverso la muratura in materiale refrattario.

Conseguentemente si ha un profilo di temperatura nella miscela di fossili che è fatto di una serie di isoterme planari che si muovono parallelamente dalla parete della cella al centro del forno. Il tempo di distillazione e la temperatura di cokefazione sono correlati tra loro: a più alta temperatura corrisponde un minor tempo di distillazione e viceversa.

Il riscaldamento avviene mediante la combustione di gas di cokeria (o gas di altoforno miscelato con gas di cokeria) nelle camere di combustione parallele, denominate "piedritti", che attraverso la muratura in refrattario trasmettono il calore al carbon fossile da distillare.
Ogni piedritto è diviso in due sezioni verticali, sostanzialmente analoghe, che costituiscono due gruppi di riscaldo separati: alternativamente fungono da camera di combustione e da convogliamento fumi; a ciascun gruppo corrisponde, sotto il forno, una camera di rigenerazione comunicante nella parte superiore con i canali di riscaldo, nella parte inferiore con un canale orizzontale per l'evaquazione dei fumi.

Sezione di una batteria di forni a coke

Quando la combustione avviene in un gruppo di riscaldo, i gas combusti percorrono tutti i canali della parete di riscaldamento di questa sezione; raccolti da un canale collettore orizzontale, vengono convogliati attraverso l'altro gruppo di riscaldamento, ne attraversano la relativa camera di rigenerazione e vengono convogliati al camino attraverso le gallerie fumi.
Ad intervalli di ca. 20-30 minuti, si ha l'inversione di funzionamento delle due sezioni del piedritto; nel gruppo di riscaldo prima attraversato dai gas combusti si ha ora la combustione del gas di cokeria, con aria aspirata e preriscaldata.
Il gruppo che era in precedenza in combustione viene adesso attraversato dai fumi, che nel loro percorso verso il camino, attraversano la relativa camera di rigenerazione. In tal modo la cella di distillazione viene alternativamente riscaldata o dalla sua metà lato coke o dalla sua metà lato

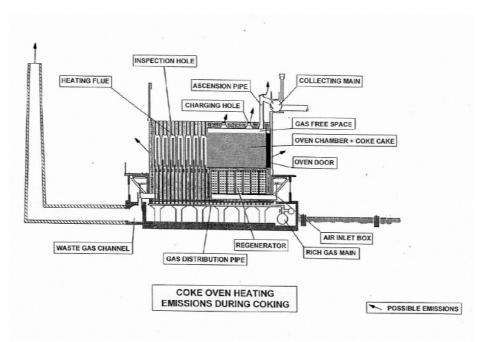
macchina, con alternanza anche della funzione del rigeneratore. In alcune batterie tale alternanza avviene per coppie di bruciatori.
L'evaquazione dei fumi e l'aspirazione dell'aria comburente sono di tipo naturale, per effetto del tiraggio del camino; pertanto tutte le sezioni di passaggio sono calibrate per consentire un certo regime dei flussi ed una distribuzione uniforme del calore.
Tenuto conto della necessità di una distribuzione uniforme del calore su tutta l'altezza, l'aria comburente viene distribuita in due o più stadi in modo da ottenere una fiamma quanto più possibile distribuita per tutta l'altezza del piedritto.

Durante la fase di cokefazione, in cui si ha lo stazionamento del carbon fossile all'interno delle celle per il tempo necessario alla distillazione, sia le porte, che i cappellotti ed i coperchi di carica sono chiusi. I gas di distillazione vengono inviati al sistema di trattamento del gas di cokeria; in caso di anomalie al sistema di trattamento del gas di cokeria, il gas coke grezzo può essere combusto direttamente attraverso le torce presenti sul bariletto.

Vista di una batteria di forni a coke

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di cokefazione derivano:

- dal camino di convogliamento in atmosfera dei prodotti della combustione dei combustibili per il riscaldo della batteria di forni a coke e di possibili trafilamenti di gas grezzo tra la camera di distillazione e piedritto;
- dalle porte dei forni;
- dai coperchi dei tubi sviluppo (cappellotti);
- dai coperchi delle bocchette di carica.

Di seguito viene riportato uno schema che evidenzia i suddetti punti di emissione.

4. Sfornamento del coke

Lo sfornamento del coke è l'operazione finale del ciclo di cokefazione; al completamento della cokefazione, in un intervallo di tempo (14 ÷ 24 ore) funzione del regime termico della batteria, il forno è ancora isolato dall'atmosfera esterna ed è collegato con il bariletto della batteria che convoglia il gas coke grezzo sviluppatosi durante il processo di distillazione.

La sequenza dello sfornamento si articola nelle seguenti fasi:

- posizionamento della macchina sfornatrice e della macchina guida coke;
- isolamento del forno dal bariletto e apertura del cappellotto;
- apertura delle porte su entrambi i lati;
- sfornamento del coke sul carro di spegnimento.

La macchina sfornatrice, la macchina guida coke ed il carro di spegnimento devono essere in linea, corrispondente all'asse del forno da sfornare. Il forno è poi isolato dal bariletto attraverso la chiusura della corrispondente valvola; viene aperto il coperchio del tubo di sviluppo ripristinando il collegamento con l'atmosfera.
Con la rimozione delle porte su entrambi i lati del forno, mediante appositi sistemi montati rispettivamente sulla macchina sfornatrice e sulla macchina guida coke, il forno è pronto per lo sfornamento, operazione.che avviene per mezzo di un'asta sfornante presente sulla macchina sfornatrice.

Durante lo sfornamento il carro di spegnimento si muove lentamente sul fronte della guida coke in modo da distribuire il coke sull'intera lunghezza del carro.
Al termine dello sfornamento, con l'estrazione dell'asta sfornante, il riposizionamento delle porte, la chiusura del coperchio del tubo di sviluppo e la riapertura del collegamento con il bariletto, il forno è pronto per un nuovo ciclo di caricamento.

L'emissione in atmosfera preponderante durante la fase di sfornamento è determinata dal trasferimento del coke dalla cella al carro di spegnimento, mentre emissioni di limitata entità, costituite essenzialemente dalle materie volatili residuali presenti nel coke, si manifestano all'apertura del cappellotto e delle porte su entrambi i lati del forno.

Di seguito viene riportato uno schema che evidenzia i suddetti punti di emissione.

5. Spegnimento del coke

Il coke sfornato dalla cella di distillazione è raccolto in un carro di spegnimento movimentato da un locomotore verso la torre di spegnimento ad umido.
Per effetto dell'acqua versata il coke subisce un drastico raffreddamento avviene attraverso il versamento e dalla temperatura di ca. 1000 °C si porta ad una temperatura prossima a quella ambiente.
Parte dell'acqua versata sul coke viene recuperata, previa decantazione del polverino di coke, riutilizzata nei cicli successivi di spegnimento, unitamente al reintegro della quota parte evaporata.
Il vapore che si genera in tale di processo viene diffuso in atmosfera mediante un'apposita torre che rappresenta la fonte di emissione in atmosfera.

6. Trattamento del gas di cokeria

Durante il processo di distillazione del carbon fossile nelle batterie di forni a coke si sviluppa il cosiddetto gas di cokeria grezzo che attraverso i tubi di sviluppo ed il bariletto, previo raffreddamento diretto con acqua, viene inviato al sistema di trattamento del gas di cokeria. Tale gas, che è principalmente costituito da idrogeno, metano, ossido di carbonio, biossido di carbonio, azoto, ossigeno, idrocarburi, ammoniaca e idrogeno solforato, dopo il trattamento viene utilizzato come combustibile di recupero nelle varie utenze termiche di stabilimento, tra cui anche per lo stesso riscaldo delle batterie di forni a coke.

Range of Typical Coke Gas Compositions Before and After Treatment

Properties	Compound	Raw Gas	Cleaned Gas
Composition (Vol %)	CO_2	1.5-2.5	1.0-1.5
	CO	4.5-6.5	5.0-5.5
	O_2	0.1-0.4	0.1-0.5
	CH_4	21.5-26.6	23.0-27.0
	H_2	54.8-61.9	60.0-61.0
	N_2	3.7-5.7	2.5-3.0
	HHC[1]	2.5-4.5	2.5-3.6
Gas Constituents (g/m^3)	Tar	70-90	negligible
	Naphthalene	0.4-2.0	0.05-0.1
	Benzene[2]	25	25
	Phenol	0.5-1.5	negligible
	H_2S	8.1-8.6	0.5-2.0
	Organic sulphur	0.1-0.4	0.1-0.4
	Total ammonia	6-9	0.02-0.03
	Hydrocyanic acid	1.1-1.3	0.8-1.0

Note: The above ranges shown will vary significantly with coal mixture and plant characteristics.

[1] Higher hydrocarbons.

[2] Only one data point was available.

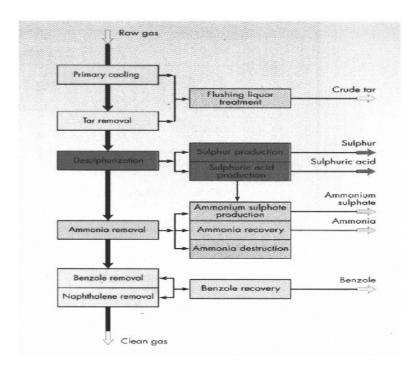
Dal sistema di trattamento del gas di cokeria, che può avere alcune diversità impiantistiche, sostanzialmente si ha:

- la rimozione del catrame avviene principalmente per condensazione e la sua separazione dall'acqua avviene per decantazione. Il catrame, o comunque la miscela di condensabili ottenuti come sottoprodotto dal trattamento del gas di cokeria, viene venduto per l'ottenimento di ulteriori sottoprodotti o può essere utilizzato direttamente in altoforno in sostituzione di altri agenti riducenti iniettati a livello tubiere;

- la rimozione dell'ammoniaca è finalizzata a ridurre il tenore di composti azotati del gas e a prevenire effetti di corrosione delle tubazioni, ed avviene per assorbimento con acqua o acido solforico. Nel caso di utilizzo di acido solforico si ha la formazione di solfato ammonico che dopo cristallizzazione ed essiccamento, viene venduto come prodotto fertilizzante per l'agricoltura;

- la rimozione della naftalina è finalizzata a prevenire fenomeni di intasamento delle tubazioni, ed avviene per assorbimento con olio. La contestuale rimozione del benzolo (più propriamente benzene, toluene, xilene), è realizzata solo in alcuni casi in quanto il suo mantenimento nel gas di cokeria contribuisce favorevolmente ad innalzarne il potere calorifico e quindi porta ad un minor fabbisogno di combustibili di acquisto (ad es.: gas naturale, olio combustibile) con evidenti vantaggi dal punto di vista energetico;

- la rimozione dell'idrogeno solforato è finalizzata a ridurre le emissioni di ossidi di zolfo dagli impianti utilizzatori del gas di cokeria, e può avvenire con processi ad assorbimento o processi ossidativi. Da tali processi si ha in genere la produzione di acido solforico o zolfo.

Di seguito viene riportato uno schema di flusso generalizzato di un sistema di trattamento del gas di cokeria.

Dal sistema di trattamento del gas di cokeria le principali emissioni in atmosfera sono quelle di vapori derivanti dagli sfiati dei serbatoi di materiale organico e da eventuali perdite derivanti da tubazioni e pompe di convogliamento di materiale organico.
A questa specifica tipologia di emissioni a carattere diffuso, sono associate quelle derivanti dal trattamento dei sottoprodotti come ad esempio: la produzione di acido solforico, la produzione di zolfo, la termodemolizione dell'ammoniaca, ecc....

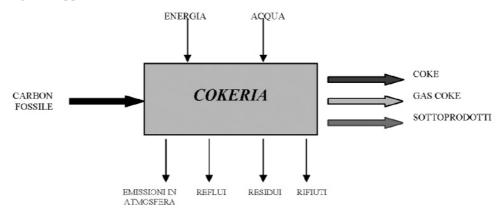
Dal sistema di trattamento del gas di cokeria derivano inoltre dei reflui costituiti essenzialmente da acque ammoniacali contenenti sostanze organiche e inorganiche.

7. ***Trattamento del coke***

Dopo il raffreddamento del coke, il carro di spegnimento scarica il coke sulle cosiddette rampe dalle quali il coke viene avviato al trattamento che consiste essenzialemente in operazioni di frantumazione e/o vagliatura per ottenere le frazioni granulometriche idonee all'utilizzo in altoforno. La frazione fine viene invece utilizzata nel processo di sinterizzazione dei minerali di ferro.
Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano durante tale fase di processo sono principalmente a carattere diffuso e derivano:

- dal trasferimento del coke
- dal trattamento del coke con operazioni di frantumazione e/o vagliatura.

Bilancio complessivo di materia ed energia

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla cokeria è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali residui nel normale esercizio sono costituiti dai fanghi derivanti dal sistema di trattamento dei reflui che vengono riciclati sul carbon fossile in alimentazione alle celle, il polverino di coke derivante dalla decantazione delle acque dello spegnimento ad umido del coke che viene riutilizzato negli impianti di sinterizzazione dei minerali di ferro e le polveri di carbon fossile e coke derivanti dai sistemi di depolverazione, che vengono anch'esse riciclate. Altri residui sono quelli derivanti da attività di manutenzione quali ad esempio refrattari, materiali contenenti amianto, rottame, ecc.... che vengono smaltiti e, ove possibile, avviati a riciclo.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. Preparazione della miscela di carbon fossile

- Assicurare il giusto livello di umidificazione del carbon fossile per limitare le eventuali emissioni che possono generarsi durante la manipolazione e trasferimento del materiale.
- Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che si generano durante la frantumazione e/o vagliatura del carbon fossile e relativa depolverazione mediante filtro a tessuto.

2. Caricamento della miscela di carbon fossile nelle batterie di forni a coke

Adozione di uno dei seguenti sistemi di caricamento:

- Caricamento "smokeless" con macchina caricatrice che realizza una connessione a tenuta tra la macchina ed il forno da caricare.
  La connessione a tenuta riguarda sia l'accoppiamento tra le tramogge fisse della caricatrice con i rispettivi telescopi mobili di collegamento al forno da caricare, che il sistema di distribuzione del carbon fossile all'interno delle celle che, oltre a consentire una regolare distribuzione, assicura una tenuta a fine caricamento (ad es.: adozione di coclea, ecc...).

Durante l'operazione di caricamento, il forno deve essere messo in depressione mediante l'eiezione di vapore (o acqua) nel gomito del tubo di sviluppo, in modo da non consentire la fuoriuscita dei gas di caricamento ed indirizzare la loro estrazione attraverso il tubo di sviluppo.
Il carbon fossile deve essere livellato all'interno del forno mediante l'uso dell'asta spianante presente sulla macchina sfornatrice, al fine di assicurare la presenza d'un canale gas tra il pelo libero del carbon fossile e la volta del forno e consentire il regolare deflusso dei gas di distillazione verso il tubo di sviluppo.

- Caricamento con macchina caricatrice e "jumper pipe".
  Con tale tipo di caricamento l'aspirazione dei gas di caricamento viene realizzata da entrambi i lati del forno. Da una parte mediante il tubo di sviluppo e dall'altra mediante un "jumper pipe" di collegamento del forno in caricamento con un forno adiacente, anch'esso mantenuto in depressione mediante l'attivazione del sistema di eiezione a vapore (o ad acqua) nel tubo di sviluppo.
  Le emissioni sono ridotte per effetto della ripartizione dell'aspirazione dei gas di caricamento sui due lati della batteria.
  Il carbon fossile deve essere ugualmente livellato all'interno del forno per mezzo dell'asta spianante della macchina sfornatrice, al fine di assicurare la presenza del canale gas e consentire il regolare deflusso dei gas di distillazione verso il tubo di sviluppo ed il "jumper pipe".
  Tale sistema necessita di ulteriori bocchette sul piano di carica della batteria, oltre a quelle già presenti per il caricamento e per il tubo di sviluppo, per realizzare di volta in volta il sistema di collegamento "jumper pipe" tra forni vicini. Tale aspetto risulta essere un ulteriore punto di possibile emissione di una batteria durante la fase di cokefazione in caso di imperfetta tenuta tra gli accoppiamenti, in particolar modo sulle batterie esistenti.
  Alcuni tipi di batterie di forni a coke possono essere del tipo a doppio bariletto (uno sul lato macchina e l'altro sul lato coke) in modo tale che i gas di caricamento possano essere evacuati su entrambi i lati della batteria.
  Tale tipologia di batterie di forni a coke non è presente a livello nazionale.

- Caricamento *"tipo giapponese"* del tipo non a tenuta, con estrazione dei gas di caricamento fuori dal forno e loro convogliamento ad un sistema di trattamento. I gas di caricamento estratti vengono combusti ed inviati, attraverso un complesso sistema di collettori, ad un sistema di depolverazione mediante filtro a tessuto situato a piano campagna.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  – emissioni di polveri nei fumi trattati ed immessi in atmosfera, al camino : $\leq$ 5 g/t coke

  A differenza degli altri tipi sopra riportati, questo sistema di caricamento non permette di mantenere i gas all'interno del forno, per cui non è un sistema idoneo dal punto di vista della prevenzione integrata dall'inquinamento, e determina inoltre notevoli problemi di lay-out nel caso di eventuale inserimento nel contesto dell'impiantistica esistente per la collocazione del sistema di collettori di convogliamento dei gas aspirati e del sistema di depolverazione a piano campagna.

3. Cokefazione

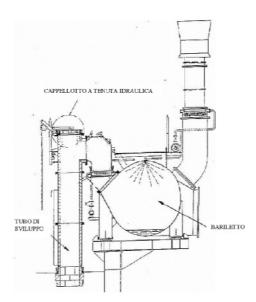
- Adozione di:
  - porte a tenuta elastica su forni di altezza > 5 m;
  - porte a tenuta rigida e ben manuntenute su forni di altezza ≤ 5 m.

Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:

- percentuale di porte con emissioni visibili sul totale delle porte installate:
  - ≤ 5% su nuovi impianti;
  - ≤ 10% su impianti esistenti.

- Adozione di tubi di sviluppo dotati di coperchi (cappellotti) a tenuta idraulica.

Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:

- percentuale di coperchi dei tubi di sviluppo con emissioni visibili sul totale dei coperchi installati: ≤ 1%.

Tubo di sviluppo con cappellotto a tenuta idraulica

- Sigillatura dei coperchi di carica con malta liquida o con altro materiale idoneo.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  - percentuale di coperchi con emissioni visibili sul totale dei coperchi installati: ≤ 1%.

- Adozione di sportelletti di spianamento dotati di sistemi di chiusura a tenuta.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  - percentuale di sportelletti con emissioni visibili sul totale degli sportelletti installati: ≤ 5%.

- Pulizia di porte e telai, dei coperchi e delle bocchette di carica, dei tubi di sviluppo;

- Prevenzione delle perdite tra camera di distillazione e camera di combustione attraverso la regolarità delle operazioni di cokefazione e la riparazione delle rotture del materiale refrattario;

- Buon mantenimento del canale gas all'interno del forno per il veicolamento dei gas di distillazione verso il tubo di sviluppo mediante;
  - adeguato livellamento del carbon fossile tramite l'asta spianante durante la fase di caricamento del carbon fossile;
  - periodico degrafitaggio della volta del forno e pulizia del tubo di sviluppo meccanicamente o con aria compressa;

- Accurata manutenzione di forni, porte, telai, tubi di sviluppo, bocchette di carica e altre apparecchiature;

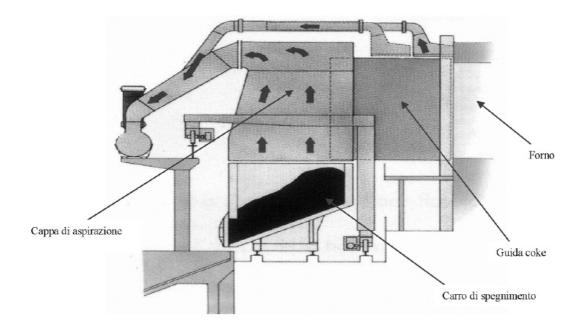
- Utilizzo di gas coke desolforato. Il tipo di tecnica e le prestazioni raggiungibili sono riportate nel paragrafo relativo al sistema di trattamento del gas di cokeria (punto 6).

- Utilizzo di una delle seguenti tecniche per la limitazione delle emissioni di NOx presenti nei fumi di combustione:
  - Utilizzo di tecniche low-NOx tramite la combustione a stadi nella costruzione di nuove batterie.

  Questo sistema è strutturalmente legato al tipo di batteria e non può essere oggetto di implementazione su batterie esistenti.
  Le prestazioni raggiungibili con questa tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  - emissioni di NOx nei fumi di combustione immessi in atmosfera, al camino: 500÷770mg/Nmc;

  - denitrificazione dei fumi di combustione (ad es. con sistema SCR) in cui gli NOx vengono cataliticamente ridotti, per mezzo di NH3, in N2 e H2O, solo nel caso di nuovi impianti.
    Tale tecnica presenta notevoli problemi rispetto alla precedente in quanto:
    - non è un sistema integrato con il processo;
    - riduce il recupero energetico nei rigeneratori in quanto i fumi dovranno essere rilasciati ad una temperatura maggiore (300-400°C) per consentire le operazioni di conversione catalitica;
    - sul catalizzatore viene a formarsi il nitrato d'ammonio (NH4NO3) che ha caratteristiche esplosive e determina, unitamente al particolato, un decadimento dell'efficienza di conversione;
    - difficile installazione negli stabilimenti esistenti per problemi di lay-out;
    - ha un elevato costo di installazione ed esercizio;
    - è una tecnica raramente applicata.

4. Sfornamento del coke

Adozione di sistema di captazione dei fumi generati nel punto di trasferimento del coke dal forno di distillazione al carro di spegnimento, con convogliamento dell'aeriforme captato dalla macchina guida coke e dal carro di spegnimento ad un sistema di depolverazione con un filtro a tessuto collocato a terra.

Principio della captazione emissioni allo sfornamento coke

Vista sistema di captazione emissioni allo sfornamento coke

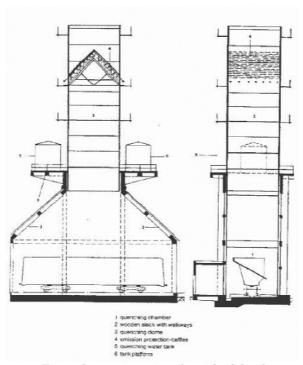
Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:

- emissioni di polveri nei fumi trattati ed immessi in atmosfera, al camino: $\leq$ 5 g/t coke.

Sugli impianti esistenti va ricercata una soluzione che si adatti all'impiantistica esistente, tenendo comunque presente che la mancanza di spazio è un elemento che è comunque vincolante per la possibile implementazione di tale tipo di tecnica.

5. ***Spegnimento del coke***

- Spegnimento ad umido del coke in un'apposita torre al di sotto della quale viene posizionato il carro di spegnimento con il coke incandescente estratto dal forno. L'acqua immessa per lo spegnimento del coke produce una quantità di vapore che viene diffuso in atmosfera attraverso la torre; questa deve essere dotata sulla sommità di setti per il trattenimento del particolato eventualmente trascinato con il flusso di vapore.

  Va evitato l'utilizzo di acqua con un rilevante carico organico, quale ad esempio l'effluente derivante dal sistema di depurazione dei reflui del sistema di trattamento del gas di cokeria.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  - emissioni di particolato presente nel vapore acqueo diffuso dalla torre di spegnimento ad umido: $\leq$ 50 g/t coke.

Torre di spegnimento ad umido del coke

- spegnimento a secco del coke con recupero del calore sensibile, in un sistema che è essenzialmente costituito da un reattore di raffreddamento, una caldaia per la produzione di vapore ed un sistema di ricircolo del gas inerte di raffreddamento.
  In particolare, il coke viene caricato nel reattore nel quale ricircola gas inerte che sottrae calore sensibile al coke incandescente, raffreddandolo. Il gas inerte caldo viene quindi inviato in una caldaia, previa separazione delle polveri grossolane, dove cede il calore acquisito e consente la produzione di vapore. In uscita dalla caldaia il gas inerte viene quindi ricircolato nel reattore, previo un blow-down per abbassare il livello di CO ed altri composti che vengono a generarsi durante il processo.
  Le emissioni derivanti dalla fase di carica del reattore, scarico del coke spento e lo scarico del gas inerte sono convogliate ad un sistema di depolverazione a tessuto.

  L'utilizzo di tale tecnica è limitato, principalmente per i seguenti motivi:

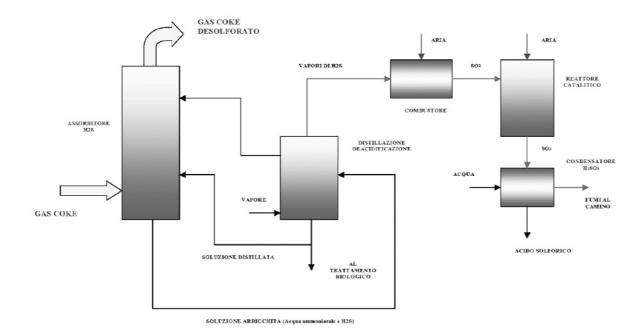
- il livello di recupero energetico non è sempre tale da giustificare l'investimento. A tal proposito è anche da considerare che non è trascurabile il maggior consumo di energia elettrica necessaria per il funzionamento dei ventilatori e delle unità di depolverazione;
- ha un basso livello di utilizzo e quindi necessita comunque sempre la presenza di torri per lo spegnimento ad umido del coke da utilizzare in alternativa;
- il coke spento a secco determina maggiori effetti di spolveramento nelle fasi successive di trasporto, manipolazione e trattamento del coke, rispetto al coke spento ad umido;
- determina problemi di sicurezza legati alla possibile formazione di miscela esplosiva all'interno del reattore di raffreddamento a causa della formazione di ossido di carbonio e altri composti combustibili;
- difficile installazione negli stabilimenti esistenti per problemi di lay-out.

6. *Trattamento del gas di cokeria*

- Sistema di trattamento del gas di cokeria grezzo in uscita dai forni di distillazione dotato di sistema di desolforazione secondo uno dei seguenti processi:

Processi ad assorbimento

– Carl Still, Diamex, ASK, Desulf

L'idrogeno solforato (H_2S) è assorbito dal gas di cokeria per mezzo di una soluzione di acqua ammoniacale. La soluzione di acqua ammoniacale, in uscita dalle torri di assorbimento, viene strippata con vapore ed i gas acidi in uscita dalla colonna di strippaggio possono essere inviati ad un impianto Claus o ad un impianto per la produzione di acido solforico.

Schema tipico di sistema di desolforazione gas coke con stadio di produzione acido solforico

- Vacuum carbonate
  L'idrogeno solforato (H2S) è assorbito dal gas di cokeria con una soluzione di carbonato sodico (Na_2CO_3) o una soluzione di carbonato di potassio (K_2CO_3). La soluzione di lavaggio è rigenerata in una colonna ad alta temperatura e bassa pressione. I gas acidi vengono strippati dalla soluzione e devono essere trattati (ad es.: in un impianto Claus o in un impianto per la produzione di acido solforico).

- Sulfiban
  Il gas di cokeria è lavato con monoetanolammina (MEA). L'ammoniaca deve essere assorbita prima dell'assorbimento dell'H_2S con la MEA per evitare la formazione di prodotti indesiderati nella soluzione di assorbimento. L' H_2S viene quindi strippato dalla MEA con vapore acqueo e quindi trattato in un impianto Claus o in un impianto per la produzione di acido solforico. I prodotti organici insolubili dello zolfo che si formano durante il processo vengono rimossi dalla MEA e costituiscono un rifiuto.

Processi ossidativi

- Stretford
  L'idrogeno solforato (H2S) è assorbito dal gas di cokeria con una soluzione di carbonato sodico (Na_2CO_3) con formazione di zolfo elementare utilizzando vanadato (VO_3) come reagente. La rigenerazione della soluzione di lavaggio viene effettuata per mezzo di aereazione (O_2), utilizzando ADA (anthrachinone disulphonic acid) come reagente.

- Takahax
  Processo simile allo Stretford ad eccezione del reagente utilizzato per la rigenerazione che è 1,4-naphtoquinone-2-sulphonic acid.

- Thylox
  L'assorbimento dell' H_2S è effettuato con una soluzione di tioarsenato sodico ($Na_4As_2S_5O_2$) e la rigenerazione della soluzione è effettuata con ossigeno. Il prodotto ottenuto è zolfo elementare.

- Perox
  Il gas di cokeria è lavato con una soluzione ammoniacale. Viene utilizzato parabenzochinone per l'ossidazione dello zolfo e la rigenerazione della soluzione di lavaggio è effettuata con ossigeno.

- Fumaks-Rhodacs
  L' H_2S è ossidato per mezzo di acido picrico in una fase-Fumaks, ottenendo zolfo elementare. I cianuri sono recuperati nella fase-Rhodacs.

I range di prestazioni raggiungibili con la desolforazione del gas di cokeria sono i seguenti:
- con processi ad assorbimento: 500÷1000 mg/Nmc di H2S residuale nel gas di cokeria;
- con processi ossidativi: < 500 mg/Nmc di H2S residuale nel gas di cokeria.

I processi ossidativi anche se permettono di ottenere una concentrazione residuale di H_2S nel gas di cokeria più bassa rispetto ai processi ad assorbimento, determinano però l'utilizzo e la formazione di sostanze tossiche che anche se trattate e/o smaltite determinano un impatto ambientale aggiuntivo.

La realizzazione di un complesso sistema di desolforazione del gas di cokeria da inserire nel contesto dell'impiantistica esistente comporta il superamento di numerose difficoltà connesse alla natura dei processi tecnologici ed alla complessità della realizzazione con associati problemi legati alla necessaria ristrutturazione dell'impiantistica esistente

- Adozione delle seguenti tecniche per la tenuta negli impianti di trattamento del gas di cokeria:
  - utilizzo di pompe a tenuta;
  - collettamento degli sfiati dei serbatoi con convogliamento nel gas di cokeria oppure effettuando la combustione dei gas di sfogo;
  - minimizzazione del numero di flangie utilizzando, ove possibile, connessioni saldate.

- Pretrattamento delle acque di cokeria con stripping dell'ammoniaca utilizzando alcali.
  In particolare si ha la rimozione dell'ammoniaca in colonne di distillazione la cui efficienza di rimozione dipende dal vapore e dagli alcali addizionati al sistema (ad es. NaOH), oltre che dal tipo di colonna.

  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica sono le seguenti:
  - Concentrazione di ammoniaca teoricamente raggiungibile nelle acque di stripping: 20 mg/l

  Tenendo presente che sono previsti trattamenti successivi di nitrificazione-denitrificazione, lo stripping dell'ammoniaca non deve essere così spinto dovendo comunque raggiungere il punto di miglior equilibrio con il successivo stadio di trattamento biologico.
  Normalmente l'effluente derivante dallo stripping dell'ammoniaca non contiene catrame, ma se questo è significativamente presente, risulterebbe necessaria la sua rimozione per evitare effetti negativi sul funzionamento dello stadio di trattamento biologico.

- Trattamento biologico integrato con stadio di nitrificazione e denitrificazione.
  La tecnica biologica più comunemente applicata per il trattamento dei reflui di cokeria è il trattamento biologico aerobico con fanghi attivi integrato con stadio di nitrificazione - denitrificazione .

  Sistema aerobico a fanghi attivi
  Nel sistema aerobico a fanghi attivi, i contaminanti biodegradabili sono degradati biologicamente a CO_2 e H_2O e i minerali e i componenti non degradabili sono rimossi dalla fase acquosa mediante parziale adsorbimento sui fanghi attivi.
  In pratica, la maggior parte dei contaminanti come fenoli, cianuri e idrocarburi aromatici, sono degradati biologicamente e i metalli pesanti e altri composti non degradabili sono parzialmente rimossi per adsorbimento sui fanghi attivi.

  Nitrificazione
  Il sistema di trattamento aerobico a fanghi attivi può essere preso come punto di partenza per lo stadio di nitrificazione. I batteri nitrificanti trasformano l'ammonio in nitrato.

  Denitrificazione
  Per ottenere basse concentrazioni di tutti i composti contenenti azoto è necessario un ulteriore trattamento anaerobico. Sono possibili diverse varianti di impianto, ma buoni risultati possono essere ottenuti con il cosiddetto trattamento di pre–denitrificazione(DN)–nitrificazione(N).
  Nel sistema pre–DN/N, il sistema a fanghi attivi aerobico viene usato come punto di partenza . Prima che il relfuo sia aerato, viene aggiunta l'acqua ricca di nitrati derivante

dallo stadio di nitrificazione. In condizioni anaerobiche, i batteri usano, come fonte di ossigeno per la degradazione del carbonio organico, l'ossigeno dei nitrati. L'azoto del nitrato viene quindi trasformato in azoto gassoso. La reazione complessiva è la seguente:

$$5C_{org} + 2\,H_2O + 4\,NO_3^- \longrightarrow 2N_2 + 4OH^- + 5\,CO2$$

I range di prestazioni raggiungibili con il trattamento biologico integrato con sistema di nitrificazione e denitrificazione cokeria sono i seguenti:

- Rimozione COD: $\geq$ 90%;
- Solfuri: $\leq$ 0,1 mg/l;
- IPA (6 Bornef):$\leq$ 0,05 mg/l
- CN- : $\leq$ 0,1 mg/l;
- Fenoli : $\leq$ 0,5 mg/l
- Somma di NH4-,NO3-NO2: $\leq$ 30 mgN/l;
- Solidi sospesi: $\leq$ 40 mg/l.

7. ***Trattamento del coke***

- Assicurare il giusto livello di umidificazione del coke per limitare le eventuali emissioni che possono generarsi durante la manipolazione e trasferimento del materiale.
- Adozione inoltre di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che si generano durante la frantumazione e/o vagliatura del coke e relativa depolverazione mediante filtro a tessuto.

4.2.2 Impianti di produzione agglomerato di minerali di ferro

Per la produzione di agglomerato di minerali di ferro, i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:
- il trattamento delle emissioni primarie derivanti dalla sinterizzazione;
- il recupero dell'energia termica.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, rifiuti)

Il processo di produzione dell'agglomerato comprende le seguenti fasi:

1. *omogeneizzazione e miscelazione dei materiali;*
2. *sinterizzazione;*
3. *raffreddamento e trattamento dell' agglomerato.*

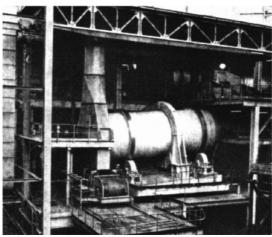
Per ciascuna delle suddette fasi vengono di seguito descritte le attività svolte e le principali componenti di natura ambientale su cui applicare le B.A.T. ai fini della prevenzione integrata dall'inquinamento.

1. *Omogeneizzazione e miscelazione dei materiali*

I materiali da agglomerare devono essere preventivamente omogeneizzati, prima di essere inviati alla macchina di agglomerazione. Ciò viene realizzato stratificando i vari materiali costituenti la miscela (minerali di ferro, polverino d'altoforno, scaglie di laminazione, additivi- come ad esempio calcare, olivina-, residui e materiali vari da riclicare, ecc…) in appositi cumuli di omogeneizzazione, localizzati generalmente in un'area prossima all'impianto di agglomerazione.
Per quantità, i materiali maggiormente presenti nei cumuli di omogeneizzato, sono i minerali di ferro; questi vengono ripresi dai rispettivi cumuli di stoccaggio delle materie prime, inviati in appositi sili in relazione alle diverse qualità e quindi ripresi per essere opportunamente dosati nella formazione dei cumuli di omogeneizzato.

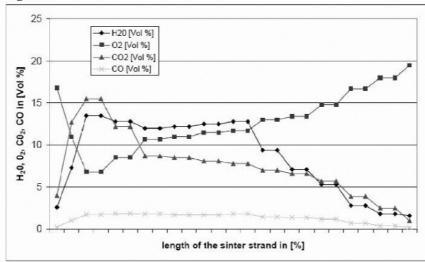
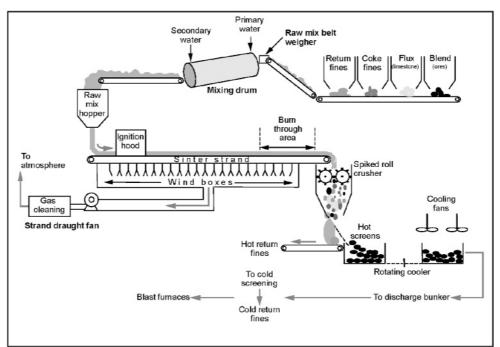
Omogeneizzazione materiali

La miscelazione con gli altri materiali, come la calce, il calcare, i minuti di ritorno derivanti dall'impianto di agglomerazione e dall'altoforno, il coke ed eventualmente altri materiali non riciclati nei cumuli di omogeneizzato, avviene nei tamburi mescolatori, dove con l'aggiunta di acqua si ottengono delle micro-pellets idonee ad essere alimentate sulla macchina di agglomerazione per il successivo processo di sinterizzazione. Il coke fine ($\leq$ 5 mm) da introdurre nella miscela di agglomerazione deriva generalmente dalle operazioni di

trattamento del coke prodotto dalla cokeria, oppure può essere ottenuto sull'impianto di agglomerazione con operazioni di frantumazione di una pezzatura di coke più grossolana ($\leq$ 20 mm).

Mescolatore primario

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle di polveri che derivano dalle operazioni di miscelazione e/o frantumazione del coke.

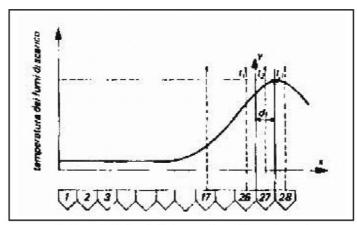
2. *Sinterizzazione*

La miscela, in uscita dai mescolatori, viene distribuita sulla macchina di agglomerazione, costituita da una serie di carrelli il cui fondo grigliato consente il passaggio di aria. In testa alla macchina di agglomerazione, un fornetto di accensione alimentato con gas siderurgici e/o metano, accende il coke contenuto nella miscela in un processo di combustione che continua per effetto della reazione con l'ossigeno contenuto nell'aria. Il flusso d'aria che permea attraverso lo strato di agglomerazione e che determina il suddetto processo di combustione del coke, viene realizzato mediante degli elettroventilatori che realizzano una depressione nelle cosidette casse d'aria (wind boxes), al di sotto della macchina di agglomerazione.
Un profilo tipico delle emissioni di CO2, CO, O2 e H2O nei fumi in uscita dalle singole wind-boxes è il seguente:

Sulle linee di agglomerazione di maggiore capacità, caratterizzate da una superficie maggiore del letto di agglomerazione, i collettori di aspirazione dell'aria possono essere due. Macchine di agglomerazione più piccole in genere hanno un solo collettore di aspirazione.
Man mano che la miscela di agglomerazione avanza lungo il nastro, il fronte di combustione si abbassa all'interno dello strato, creando una quantità di calore sufficiente a far in modo che le particelle costituenti la carica si aggreghino tra loro dando origine ad un materiale agglomerato resistente e poroso.

Schema di flusso di un impianto di agglomerazione

Il processo di agglomerazione dà luogo a numerosi fenomeni fisici e chimici. Nel corso della cottura si distinguono le seguenti principali fasi:

- intorno a 100° C si ha l'essiccazione della miscela;
- successivamente a temperature più elevate viene eliminata l'acqua di cristallizzazione;
- tra i 600° C e gli 800 °C si produce una prima agglomerazione delle particelle fini in una massa porosa; i grani ingrossandosi aderiscono debolmente tra loro. Questa prima fase non è sufficiente a dare al prodotto la coesione necessaria per la sua ulteriore utilizzazione in altoforno;
- oltre i 1000 °C i grani rammolliscono e si verificano le condizioni fisico-chimiche favorevoli al completamento del processo di agglomerazione. Durante queste reazioni si producono nella massa (allo stato pastoso) delle cavità che si ritrovano, nel successivo raffreddamento, nella struttura finale dell'agglomerato sotto forma di pori. L'entità della porosità totale dell'agglomerato è una caratteristica molto importante per il suo successivo impiego in altoforno. Dal punto di vista chimico il coke ed il minerale, essendo miscelati, danno luogo a dei fenomeni di riduzione che avvengono nel periodo di massima temperatura (ca. 1300–1480°C). Durante il successivo raffreddamento, al contatto con l'aria, si producono in superficie dei fenomeni di ossidazione. L'ossido ferroso formatosi, la silice, la calce e l'allumina si combinano per dare i silicati e alluminati di calcio e di ferro.

Linea di agglomerazione

La massima temperatura del gas di scarico, lungo la macchina si ha, approssimativamente, nel punto dove la miscela ha completato il processo di agglomerazione, che in genere è il più vicino possibile al punto di scarico dell'agglomerato.

Andamento tipico della temperatura dei gas di scarico

Le principali caratteristiche atte a classificare la qualità dell'agglomerato prodotto sono:

- la pezzatura: è la caratteristica più importante ai fini dell'utilizzazione dell'agglomerato ed è funzione della sua dimensione media, della sua omogeneità e del contenuto dei fini;
- la resistenza meccanica: è l'attitudine a sopportare sollecitazioni meccaniche e termiche che l'agglomerato subisce durante la carica in altoforno e durante il processo di fabbricazione della ghisa. La resistenza dipende dalla compattezza dei legami che si stabiliscono tra le singole particelle di minerale nel processo di agglomerazione. In definitiva quindi la resistenza di un agglomerato dipende dalla composizione chimica del

minerale, dalla temperatura di agglomerazione, dal tempo in cui la miscela permane alla massima temperatura;

- la porosità: è la proprietà per la quale l'agglomerato presenta una infinità di piccoli fori. Il processo di fabbricazione della ghisa in altoforno risulta molto più rapido quanto maggiore è la superficie che il minerale espone alla corrente di gas riducente che attraversa la carica;
- la riducibilità: è la proprietà per cui il minerale con l'ossido di carbonio, contenuto nel gas riducente in altoforno, si trasforma più o meno rapidamente da ossido di ferro a ferro. La riducibilità di un agglomerato dipende essenzialmente dalla sua composizione chimica, dalla sua pezzatura, dalla sua porosità.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante questa fase del processo sono quelle associate con i fumi primari estratti dalla parte bassa del letto di agglomerazione e che contengono principalmente inquinanti tipici di un processo di combustione come polveri, SO_2, NO_x, CO e microinquinanti come metalli, sostanze organiche, ecc...
Durante le fasi di avviamento, arresto e nel caso di perturbazioni al processo, come ad esempio durante i cambi cumulo di omogeneizzato, si determinano effetti transitori con aumento delle emissioni convogliate nonostante il normale funzionamento dei sistemi di depolverazione.

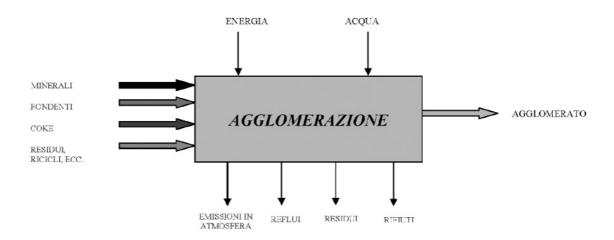
3. *Raffreddamento e trattamento agglomerato*

Il raffreddamento dell'agglomerato avviene tipicamente in una struttura rotante costituita da una serie di carrelli collegati tra loro e disposti in modo da formare una corona circolare che riceve, in un punto determinato, l'agglomerato proveniente dalla vagliatura a caldo.
Tali carrelli mobili sono a fondo grigliato in modo che l'aria di raffreddamento possa fluire dal basso verso l'alto. La corona dei carrelli ruota con continuità nella suddetta corona circolare che costituisce il raffreddatore rotante, ed al completamento del giro si ha l'apertura del fondo del carrello che permette lo scarico dell'agglomerato freddo.
Il flusso d'aria di raffreddamento viene realizzato mediante ventilatori che provvedono ad insufflare aria dal basso dei carrelli.
L'agglomerato freddo viene quindi avviato alla vagliatura a freddo per la separazione della frazione granulometrica idonea alla carica in altoforno, dalla frazione granulometrica fine che viene riciclata sempre nel processo di agglomerazione.
In genere l'agglomerato utile prodotto viene inviato direttamente in altoforno o stoccato in cumuli per avere la necessaria polmonazione atta a sopperire agli inevitabili scompensi che intervengono tra la marcia dell'impianto di agglomerazione e quella dell'altoforno.

Raffreddatore rotante

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle di polveri che derivano dalle operazioni di vagliatura e raffreddamento dell'agglomerato

Bilancio complessivo di materia ed energia

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dall'impianto di agglomerazione è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali residui nel normale esercizio sono costituiti dalle polveri derivanti dai sistemi di depolverazione a secco, dai fanghi derivanti dai sistemi di depurazione ad umido ove utilizzati, che vengono sin dove possibile, riciclati allo stesso impianto di agglomerazione. Altri residui, quali quelli derivanti da attività di manutenzione quali ad esempio refrattari a fine ciclo non riciclabili, rottame, ecc.... vengono smaltiti e, ove possibile, riciclati.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

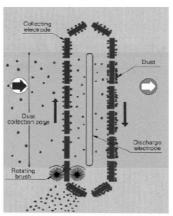
1. *Omogeneizzazione e miscelazione dei materiali*

- Assicurare il giusto livello di umidificazione dei materiali inviati all'omogeneizzazione per limitare le eventuali emissioni che possono generarsi durante la manipolazione, il trasferimento e la preparazione del cumulo di omogeneizzato.

- Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la miscelazione dei materiali e/o frantumazione del coke con relativa depolverazione mediante elettrofiltro.
  Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di vagliatura dell'agglomerato.

2. *Sinterizzazione*

- Adozione di una delle seguenti tecniche per la depolverazione dei fumi dal processo di agglomerazione:

  □ precipitatori elettrostatici tecnologicamente avanzati quali:
  - gli elettrofiltri MEEP (Moving Electrode Electrostatic Precipitator), dotati di una serie di placche captatrici mobili e continuativamente pulite meccanicamente mediante l'azione di spazzole rotanti; ciò permette di rimuovere efficacemente lo strato di polvere che si deposita sulla superfice delle placche di captazione, migliorando in tal modo l'effetto del campo elettrico e quindi l'efficienza di abbattimento.

Principio elettrofiltro MEEP

  - gli elettrofiltri con sistema di alimentazione energetica pulsante. Il picco di tensione è più alto con una energizzazione pulsante e si ha quindi una migliore carica delle particelle di polvere con positivi effetti sull'efficienza di abbattimento;

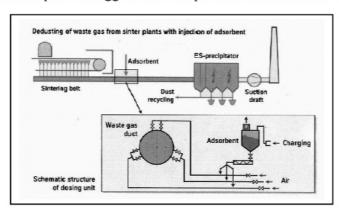
  - gli elettrofiltri che operano ad alto voltaggio (70 –200 KV). Ciò è possibile attraverso una più ampia spaziatura tra le placche captatrici. Un più elevato campo elettrico determina un miglioramento dell'efficienza di abbattimento.

Nella quasi totalità degli impianti di agglomerazione europei l'abbattimento delle emissioni è realizzato con precipitatori elettrostatici.

I precipitatori tecnologicamente avanzati possono essere sostitutivi degli elettrofiltri tradizionali, oppure essere installati, ove possibile, a valle di questi ultimi, ottenendo in quest'ultimo caso un più elevato rendimento di abbattimento complessivo. In alternativa, nel caso di impianti esistenti, la tecnica MEEP può essere installata sull'ultimo campo di un elettrofiltro tradizionale. Il tipo di soluzione che può essere adottata dipende dalla situazione impiantistica e di lay-out specifica del sito.

Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:

- concentrazione di polveri: ≤ 50 mg/Nmc

Con l'iniezione a monte degli elettrofiltri di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F.
In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute negli elettrofiltri.
Particolare attenzione deve essere posta nell'adozione di tale tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio.
Le polveri derivanti dall'ultimo campo di depolverazione elettrostatica non dovrebbero essere riciclate nell'impianto di agglomerazione per ridurre le emissioni di metalli pesanti.

Esempio di sistema di iniezione

- □ preabbattimento con precipitatori elettrostatici tradizionali, più filtro a tessuto.

Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:

- concentrazione di polveri: 10÷20 mg/Nmc

Con l'iniezione a monte del filtro a tessuto di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F.
In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute nel filtro a tessuto.
Con tale tipo di trattamento le emissioni di PCDD/F raggiungibili in condizioni normali sono 0,2÷1 ng TEQ/Nmc. In molti casi si sono raggiunti valori $\leq$ 0,5 ng TEQ/Nmc.

L'applicazione di filtri a tessuto per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata per l'elevata abrasività delle polveri, per effetti di impaccamento delle maniche filtranti per la presenza di alcali, per l'elevata perdita di carico che i filtri a tessuto determinano con conseguente significativo aumento dei consumi energetici anche in

relazione agli elevati volumi di gas da trattare, per problemi di lay-out particolarmente rilevanti nel caso di esistenti. I filtri a tessuto necessitano di essere esclusi dalla filtrazione in fase di avviamento e fermate impianti,ove in particolare la temperatura fumi è più bassa del dew-point.
Particolare attenzione deve essere posta nell'adozione di tale tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio.

L'additivazione di calce in ingresso al filtro a tessuto consentirebbe di ridurre le emissioni di metalli pesanti.

- □ preabbattimento con precipitatori elettrostatici tradizionali o cicloni, più sistema di abbattimento ad umido (Airfine o Wetfine).
  In particolare i fumi di agglomerazione in uscita dal sistema di preabbattimento mediante elettrofiltro o ciclone, vengono inviati ad uno stadio di quencing con acqua in modo da avere un aeriforme freddo e saturo. In uscita dallo stadio di quencing i fumi possono essere avviati ad un sistema "Fine Scrubber System" basato sull'iniezione congiunta ad alta pressione di getti di acqua ed aria nella corrente gassosa, oppure ad un sistema di "Wet Electrostatic Precipitator" in cui le particelle caricate elettricamente vengono attratte dagli elettrodi e rimosse dagli stessi mediante spruzzi di acqua.
  Le acque derivanti dalla depurazione ad umido, che contengono i cloruri di metalli solubili in acqua, devono essere trattate e per quanto possibile riciclate.

  Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti:
  - concentrazione di polveri: $\leq$ 50 mg/Nmc;
  - concentrazione di PCDD/F: $\leq$ 0,4 ng TEQ/Nmc

  Le prestazioni raggiungibili nei reflui, eventualmente scaricati dal sistema di trattamento acque, sono le seguenti:
  - Concentrazione di TOC: $\leq$ 20 mg C/l
  - Concentrazione di metalli pesanti: $\leq$ 0,1 mg/l

  (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

  L'applicazione di sistemi di abbattimento ad umido per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata, ed è limitata a impianti di minore capacità e con volumi ridotti di fumi da trattare. Inoltre il sistema di abbattimento ad umido determina un significativo aumento dei consumi di energia e dà origine a dei reflui che richiedono un loro trattamento con un impatto ambientale aggiuntivo.

- Ricircolo dei fumi di processo sulla macchina di agglomerazione se la qualità dell'agglomerato prodotto e la produttività dell'impianto non vengono influenzate.
  In linea di principio i fumi di agglomerazione, dopo depolverazione possono essere parzialmente riciclati sulla macchina di agglomerazione ed in parte evacuati in atmosfera. Il riciclo potrebbe avvenire anche per settori. I fumi riciclati in pratica vanno a sostituire parte dell'aria che attraversa il letto di agglomerazione, con l'effetto di ridurre i volumi di fumi scaricati in atmosfera (riduzione di ca. 40-50%) e di determinare conseguentemente un beneficio sul flusso di massa degli inquinanti emessi (polveri, SO_2, NO_x, ecc…).

Tale tecnica potrebbe anche essere considerata una forma di recupero energetico, considerando comunque che l'entità del recupero è contrastata dai maggiori consumi necessari per il riciclo dei fumi.

Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile:

- superare i problemi di lay-out;
- ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità del recupero energetico;
- adottare le più idonee misure di contenimento atte a limitare la possibile dispersione di fumi contenti monossido di carbonio nell'ambiente di lavoro con rischi di avvelenamento del personale addetto, cosa che invece non è possibile assicurare nel caso di impianti esistenti;
- contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo risulterebbero proibitivi in particolar modo per gli impianti esistenti.

- Riduzione del contenuto di idrocarburi volatili nella miscela di agglomerazione evitando l'uso di antracite ed utilizzando solo carbon coke come combustibile nel processo di sinterizzazione, nonché dosando il contenuto di polveri e scaglie oleose riciclate nella miscela di agglomerazione. Inoltre una riduzione del contenuto di idrocarburi nelle scaglie di laminazione potrebbe essere ottenuto attraverso un'accurata manutenzione delle tenute, guarnizioni, pompe, ecc... degli impianti di laminazione.
  Tecniche di deolazione delle scaglie di laminazione che in linea di principio può essere il riscaldamento delle scaglie a ca. 800°C in modo da consentire la vaporizzazione degli idrocarburi oppure il lavaggio delle scaglie con solventi, in modo da avere un contenuto di idrocarburi < 0,1%, non sono presenti nell'industria europea ed inoltre determinerebbero impatti ambientali aggiuntivi sia in relazione alla vaporizzazione degli idrocarburi che alla necessità trattamento e/o smaltimento dei solventi esausti.

- Adozione di una delle seguenti tecniche per la limitazione delle emissioni di SO_2 presenti nei fumi di processo:

  - utilizzo di minerali di ferro e coke con un ridotto contenuto di zolfo.
    Le emissioni convogliate in atmosfera raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti:
    - concentrazione di SO_2: $\leq$ 500 mg/Nmc

    Questa tecnica è integrata con il processo è risolve il problema all'origine.

  - desolforazione ad umido dei fumi nel caso di utilizzo di materiali ad elevato contenuto di zolfo. In particolare si ha che i fumi dopo raffreddamento sono inviati in una torre di lavaggio con una soluzione acquosa di calcio o magnesio. La reazione di questi composti con l' SO_2 da origine a gesso ($CaSO_4$) o solfato di magnesio ($MgSO_4$) estratti dalla torre come torbida; a sua volta, questa deve essere trattata, dando origine a delle acque (in parte riciclate ed in parte scaricate) e ad un prodotto solido che in linea generale potrebbe essere venduto, ma che per le situazioni di mercato in genere è destinato allo smaltimento in discarica.
    Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
    - concentrazione di SO_2: $\leq$ 100 mg/Nmc

Questa tecnica presenta notevoli problemi rispetto alla precedente in quanto:
- non è un sistema integrato con il processo;
- difficile installazione negli stabilimenti esistenti per problemi di lay-out;
- ha un elevato costo di installazione;
- determina problemi ambientali aggiuntivi per la produzione di reflui liquidi e residui solidi;
- è una tecnica raramente applicata.

- Riduzione delle emissioni di NOx per esempio tramite la denitrificazione dei fumi con sistema SCR (Selective Catalytic Reduction) o sistema RAC (Regenerative Activated Carbon).
  Sia nel sistema SCR che nel sistema RAC gli NOx vengono ridotti cataliticamente, per mezzo di ammoniaca (NH3), in N_2 ed H_2O. Nel sistema SCR il catalizzatore può essere pentossido di vanadio (V2O5) o ossido di tungsteno supportato su ossido di titanio (TiO2), oppure anche ossido di ferro e platino. Nel sistema RAC viene invece utilizzato carbone attivato e consente anche la riduzione di altri inquinanti tra cui principalmente SO2.

  Queste tecniche sono raramente applicate sugli impianti di agglomerazione ed inoltre presentano notevoli problemi in quanto:
  - non sono sistemi integrati col processo;
  - si ha un aumento dei consumi energetici, in quanto i fumi, per consentire le operazioni di conversione degli ossidi di azoto, devono essere riscaldati ad una temperatura di 300-400°C per il sistema SCR;
  - il trasporto e lo stoccaggio dell'ammoniaca introduce rischi aggiuntivi dal punto di vista ambientale e per la sicurezza;
  - è necessario sostituire periodicamente il catalizzatore con evidenti riflessi sotto il profilo ambientale ed economico;
  - sul catalizzatore viene a formarsi il nitrato di ammonio (NH_4NO_3) che ha caratteristiche esplosive e determina, unitamente al particolato, un decadimento dell'efficienza di conversione;
  - l'ammoniaca in eccesso trascinata dal reattore può reagire con gli ossidi di zolfo contenuti nei fumi di processo, portando alla formazione di particelle di solfato o bisolfato di ammonio, che possono provocare fouling, erosione e corrosione delle superfici degli impianti;
  - l'installazione è difficoltosa per problemi di lay-out;
  - i costi di installazione ed esercizio sono molto elevati.

3. *Raffreddamento e trattamento agglomerato*

- Recupero del calore sensibile dei fumi derivanti dal raffreddamento agglomerato. Il calore recuperato può essere utilizzato, a seconda delle necessità e possibilità impiantistiche, per la produzione di vapore, oppure per il preriscaldo dell'aria comburente nel fornetto di accensione, oppure per il preriscaldo dei materiali.
  Nel caso di produzione di vapore, i fumi caldi captati nella zona di ingresso nel raffreddatore rotante, vengono depolverarti in separatori ciclonici e quindi inviati in una caldaia per la produzione vapore. In uscita dalla caldaia, i fumi a più bassa temperatura, in parte vengono ricircolati ed in parte sono convogliati in atmosfera.

Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile:
- superare i problemi di lay-out;
- ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità di risparmio energetico;
- contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo sono in genere molto elevati.

- Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la frantumazione e vagliatura dell'agglomerato con relativa depolverazione mediante elettrofiltro.
  Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di miscelazione dei materiali in carica.

4. *Gestione dei residui*

Per quanto possibile dovrebbe essere adottata:
- la minimizzazione della produzione dei rifiuti;
- il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i residui contenenti ferro e carbonio come ad esempio polverino d'altoforno, fanghi dai sistemi di trattamento ad umido, scaglie di laminazione, ecc…
- lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.

4.2.3 Altoforno

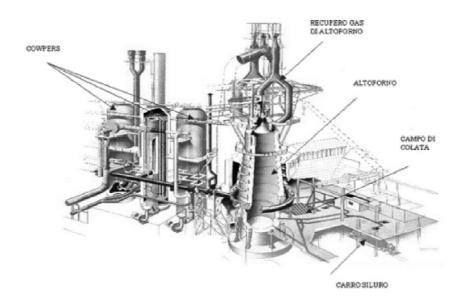
Per la produzione della ghisa in altoforno, i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:

- il trattamento ed il recupero del gas di altoforno;
- la captazione e abbattimento delle emissioni nel colaggio dei prodotti fusi.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, rifiuti)

Il processo di produzione della ghisa in altoforno comprende le seguenti fasi:

1. *caricamento materiali;*
2. *generazione del vento caldo;*
3. *processo di riduzione in altoforno;*
4. *colaggio ghisa e loppa;*
5. *trattamento loppa.*

Per ciascuna delle suddette fasi vengono di seguito descritte le attività svolte e le principali componenti di natura ambientale su cui applicare le B.A.T. ai fini della prevenzione integrata dall'inquinamento.

1. *Caricamento materiali*

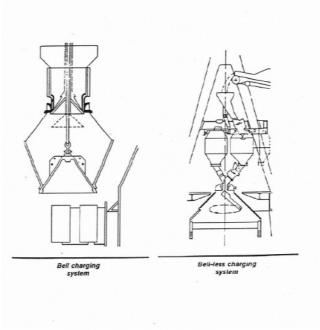
I materiali costituenti la carica dell'altoforno sono il coke, i fondenti ed i materiali ferriferi, questi ultimi in forma di minerale agglomerato e/o in pezzatura (pellets e calibrati). Detti materiali, provengono dai rispettivi impianti produttivi e/o dallo stoccaggio in cumuli, sono stati insilati in una stock-house al servizio dell'altoforno e dopo vagliatura per la scelta della frazione granulometrica idonea, vengono, dopo pesatura, inviati in altoforno per il caricamento dall'alto.

Il coke in altoforno assolve a diverse funzioni, tra le quali:

- fornisce il calore necessario alla fusione dei minerali;

- fornisce il gas riducente necessario alla trasformazione degli ossidi di ferro in ferro metallico;
- fornisce il carbonio necessario alla carburazione della ghisa e per la riduzione di alcuni elementi di lega;
- sostiene la carica fino alla parte bassa dell'altoforno, essendo l'unico materiale che non fonde.

L'agglomerato e i minerali di ferro in pezzatura sono i portatori del ferro: dallo stato di ossidi essi vengono trasformati dall'azione del gas riducente; i fondenti, invece, hanno il compito di rendere fusibili le impurità (ganga) contenute nei minerali di ferro e che vanno a costituire la cosiddetta loppa di altoforno.

Con l'adozione di sistemi di caricamento a tenuta con campane o con tramogge, la quantità di gas di altoforno e particolato che può essere emesso durante l'operazione di caricamento, viene limitata alla sola quantità relativa alla depressurizzazione del volume del vano di carica.

Sistema di caricamento in altoforno

In normali condizioni di funzionamento, le principali emissioni in atmosfera presenti nella fase di caricamento sono quelle che si manifestano nella vagliatura dei materiali alla stock-house.

2 . *Generazione del vento caldo.*

Per i processi che avvengono in altoforno è necessaria l'iniezione di aria calda (vento caldo) tramite apposite tubiere.
L'ossigeno contenuto nel vento caldo (quello presente nell'aria ambiente con eventuale arricchimento esterno) ed il carbonio del coke reagiscono tra loro dando origine al gas riducente, ricco in ossido di carbonio, che investe in fase ascensionale la carica ed esercita l'azione riducente nei confronti degli ossidi di ferro presenti nei minerali.

La generazione del vento caldo avviene attraverso l'utilizzo dei cosiddetti "cowpers" a combustione interna o a combustione esterna; per ogni altoforno sono necessari dai tre ai quattro cowpers.

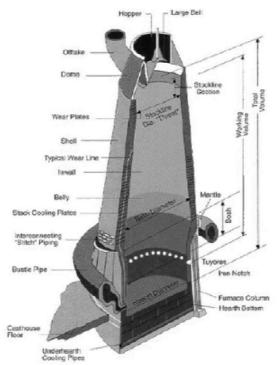
Vista cowpers altoforno

I cowpers vengono riscaldati attraverso la combustione del gas di altoforno, arricchito con gas di cokeria o gas metano; il calore generato nella combustione determina il riscaldamento di un impilaggio di mattoni refrattari, sino a raggiungere nella camera una temperatura di circa 100÷1500 °C. A questo punto la combustione nel cowper viene interrotta e nella camera viene soffiata aria in controcorrente; il calore accumulato dall'impilaggio di mattoni refrattari si trasferisce all'aria riscaldandola sino ad una temperatura compresa tra 900÷1350 °C.
Il processo continua fino a che la camera non può più produrre vento a temperatura idonea, dopodiché viene interrotto il passaggio dell'aria ed effettuato un nuovo ciclo di riscaldamento.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano, in normali condizioni, durante la fase di generazione del vento caldo sono quelle dei prodotti di combustione del gas di altoforno, arricchito con gas di cokeria o con gas metano; in particolare gli NO_X, per via delle alte temperature.

3. *Processo di riduzione in altoforno*

L'altoforno è costituito da una corazza esterna d'acciaio rivestita all'interno da mattoni refrattari con particolari caratteristiche chimico-fisiche atte a resistere alle elevate temperature e raffreddato con acqua nelle zone termicamente più sollecitate.
La temperatura varia da zona a zona: è massima (ca. 2000 °C) nella zona in cui il vento caldo viene insufflato alle tubiere e dove si ha la combustione del coke e degli altri agenti riducenti, ed è più bassa nella parte alta del forno dove viene introdotta la carica (ca. 100 – 300 °C): nel crogiolo dove si raccolgono la ghisa e la loppa allo stato fuso, si hanno temperature di ca. 1600°C.

L'altoforno è un forno a tino costituito da due tratti troncoconici ("*tino*" la parte superiore e "*sacca*" la parte inferiore) uniti in corrispondenza della loro base maggiore da un zona cilindrica (*ventre*).
Il materiale grezzo, che costituisce la carica del forno, viene introdotto dalla parte alta della struttura (*bocca*).

Vista in sezione di un altoforno

Immediatamente al di sotto della sacca si trova un parte cilindrica detta "*crogiolo*" , la quale ha la funzione di raccogliere la ghisa prodotta insieme alla scoria (loppa di altoforno).

La carica, costituita dal letto di fusione (carica ferrifera e fondenti) e da coke viene introdotta dalla *bocca* a strati alterni e discende lentamente lungo il *tino*, permeata in controcorrente da gas caldi riducenti costituiti principalmente da CO, CO_2 e N_2. Il gas si origina nella parte bassa del forno per effetto della combustione del carbonio del coke e degli agenti riducenti con l'ossigeno del vento, secondo la seguente reazione:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 97.000 \text{ cal.}$$

La CO_2, in presenza di carbonio in eccesso, reagisce dando origine al CO secondo la seguente reazione di equilibrio:

$$CO_2 + C \rightleftarrows 2CO - 41.000 \text{ cal.}$$

L'umidità contenuta nell'aria soffiata a livello tubiere (*"vento caldo"* prodotto dai cowpers) si dissocia secondo la seguente reazione:

$$H_2O + C \rightleftarrows CO + H_2$$

L'ossido di carbonio (CO) così formatosi nella zona di combustione, tende a salire attraverso la carica solida ed entra in contatto con il minerale esercitando l'azione di riduzione degli ossidi di ferro. La parte ridotta (Fe) fonde e si deposita nel crogiolo dove avviene la carburazione (soluzione del carbonio nella massa fusa) dando origine alla ghisa. La calcinazione del fondente presente nella carica dà origine ad ossido di calcio che insieme alla ganga dei minerali e alle ceneri del coke formano la loppa di altoforno. Questa fonde nella zona a più elevata temperatura del forno e si raccoglie nel crogiolo, in uno strato galleggiante sul bagno di ghisa fusa. Oltre oltre alla neutralizzazione della componente acida dei minerali, la loppa consente l'assorbimento dello zolfo e di altre impurezze contenute nella carica ed indesiderate nella ghisa.

Vista di altoforni

Il gas di altoforno esercita l'azione riducente nel suo moto ascensionale attraverso la carica, si raccoglie nella parte alta del forno, da dove viene convogliato al sistema di depurazione. Il gas

d'altoforno è principalmente costituito da ca. 20÷28 % di CO, ca. 1÷5% di H_2, ca. 50÷55% di N_2 e ca. 17÷25% di CO_2 .
Tale gas per le sue caratteristiche energetiche viene recuperato e dopo depurazione utilizzato tal quale, o arricchito con gas di cokeria o gas metano nelle varie utenze termiche. Emissioni in atmosfera a carattere transitorio possono derivare dai cappelli di sicurezza posti sulla sommità dell'altoforno per consentire di scaricare le eventuali sovrappressioni che possono determinarsi all'interno del forno.

Dai sistemi di trattamento ad umido del gas di altoforno derivano inoltre dei reflui contenenti prevalentemente solidi sospesi (come carbone e metalli pesanti), composti dei cianuri, ecc.

4. *Colaggio ghisa e loppa*

All'interno del crogiolo dell' altoforno si raccolgono, allo stato liquido, la ghisa e la scoria (*loppa*), quest'ultima stratificata sul bagno di ghisa fusa per effetto del differente peso specifico.

Periodicamente, la ghisa e la loppa vengono evacuate attraverso dei fori di colata situati lateralmente al crogiolo e chiusi con una massa refrattaria. All'apertura, mediante un martello pneumatico, i prodotti fusi fluiscono in un canale (*rigolone*) rivestito di materiale refrattario. La colata inizia con la fuoriuscita della ghisa, mentre verso la fine si ha la fuoriuscita sia della ghisa che della loppa; questa continua a stratificarsi sopra il bagno di ghisa e sfruttando proprio l'azione dei due diversi pesi specifici, con l'azione di una barriera immersa nel rigolone si ha la separazione della ghisa dalla loppa che si incanalano rispettivamente nella rigola ghisa e nella rigola loppa, che sono anch'essi dei canali rivestiti di materiale refrattario. Il tratto terminale della rigola ghisa è costituito dal sistema di caricamento (*tilting*) dei carri siluro.

I carri siluro sono dei contenitori a forma allungata rivestiti internamente di materiale refrattario, movimentati attraverso carri ferroviari, all'interno dei quali viene colata la ghisa fusa per il trasferimento in acciaieria.

Carri siluro

Periodicamente occorre verificare lo stato del rivestimento, per l'eventuale ripristino o rifacimento; ciò richiede che vengano eliminati gli eventuali residui depositatisi all'interno del

carro; l'evacuazione è effettuata allo stato fuso (*sgrondo*) per rotazione quasi totale del carro siluro in modo da riversare il contenuto in una vasca e raffreddarlo con spruzzaggio di acqua.
In caso di necessità e/o per sopperire ad eventuali scompensi tra la produzione dell'altoforno e quella dell'acciaieria, la ghisa contenuta nei carri siluro può essere sottoposta a trattamento di solidificazione (granulazione, produzione di pani di ghisa o colaggio in campo di emergenza).
La granulazione della ghisa viene effettuato in vasca con spruzzaggio di acqua; l'evaporazione di quest'ultima può trascinare con sé del polverino, effetto che viene contenuto mediante irrorazione di acqua aggiuntiva nella vasca di granulazione.
La produzione di pani di ghisa avviene in apposita macchina a colare dove la ghisa viene solidificata in forme raffreddate con acqua.
In via eccezionale la ghisa può essere colata in un campo di emergenza, in tal caso il raffreddamento avviene per via naturale.

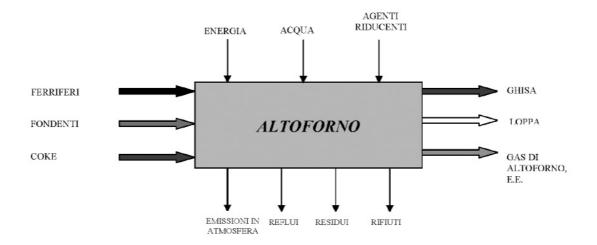
Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante le operazioni descritte, sono emissioni di particolato: In media le emissioni non abbatute sono nell'intervallo 400-1500 g/t di ghisa prodotta. Queste emissioni si generano principalmente dal contatto tra il metallo caldo e le scorie con l'ossigeno dell'ambiente.

5. *Trattamento loppa*

La loppa prodotta nel processo di riduzione dei minerali di ferro e che fuoriesce dall'altoforno allo stato fuso deve essere raffreddatta.
Il sistema di raffreddamento utilizzato in ambito nazionale è quello della granulazione mediante spruzzaggio di acqua di mare o di acqua dolce ad alta pressione.
L'operazione può avvenire in bacino aperto o in bacino chiuso. In entrambi la loppa fusa viene convogliata, attraverso la rigola loppa, alla testa di granulazione in cui un forte getto di acqua permette il suo raffreddamento e nello stesso tempo dà origine a granuli di loppa che vengono trascinati insieme all'acqua utilizzata nel processo. Durante la granulazione si genera del vapore acqueo, contenente una limitata quantità di composti solforati, che viene emesso in atmosfera.

La separazione dell'acqua dalla loppa, nel sistema a bacino aperto, avviene in un letto drenante che consente il filtraggio e lo scarico dell'acqua, ed trattiene in superficie la loppa; in bacino chiuso la miscela di acqua e loppa può essere inviata ad un sistema di separazione acqua-loppa di tipo statico con sili drenanti, oppure può essere viene inviata ad un sistema dinamico di separazione a tamburo rotante (processo INBA), dove la loppa separata viene evacuata a mezzo nastro trasportatore.
La loppa granulata così prodotta, che ha una umidità residua di ca. il 10%, viene stoccata in cumuli per essere poi destinata al riutilizzo (cementerie, costruzione di strade, ecc….). Nel caso di granulazione con acqua dolce si ha un sistema a riciclo, con reintegro dell'acqua persa per evaporazione; mentre nel caso di utilizzo di acqua di mare si ha un sistema aperto in cui l'acqua separata dalla loppa viene filtrata e scaricata dal sistema di drenaggio.

Bilancio complessivo di materia ed energia

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dall'altoforno è sinteticamente di seguito rappresentato:

I residui solidi determinati nelle fasi del processo di produzione descritto sono in larga misura recuperati con operazioni di riciclo; la loppa prodotta nel normale esercizio degli impianti viene riutilizzata nell'industria del cemento, per la costruzione di strade, ecc.; i fanghi derivanti dai sistemi di depurazione ad umido e dalle polveri raccolte dai sistemi di depurazione a secco vengono in gran parte riciclati negli impianti di agglomerazione e/o bricchettaggio. Altri residui di natura ferrosa, come rottame, spuntature, crostoni, ecc. sono riciclati in acciaieria; in pratica, sono soprattutto i rifiuti derivanti da attività di manutenzione, come i refrattari non riciclabili, ad essere indirizzati allo smaltimento in discarica.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1 . *Caricamento materiali*

- Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri durante la vagliatura dei materiali nella stock-house e successivo trattamento con sistemi di abbattimento ad umido o a secco (filtri a tessuto). Nel caso di depolverazione con sistemi ad umido, il trattamento delle acque reflue può essere effettuato congiuntamente con il trattamento delle acque derivanti dalla depurazione ad umido del gas di altoforno.

2 . *Generazione del vento caldo.*

La produzione di vento caldo a mezzo di cowpers avviene con la combustione di gas d'altoforno, spesso arricchito; le emissioni raggiungibili nei fumi di combustione, in condizioni normali, sono:

- concentrazione di polveri : $\leq$ 10 mg/Nmc (3% O_2)
- concentrazione di NOx : $\leq$ 350 mg/Nmc (3% O_2)

A riguardo, si possono adottare vari sistemi per ottimizzare l'efficienza energetica:

- Recupero del calore sensibile dei fumi con preriscaldo dell'aria comburente e/o del combustibile, ove possibile.
  Tale tecnica non è economicamente e tecnicamente applicabile, generale, sugli impianti esistenti, se la temperatura dei fumi è troppo bassa (< 250 °C). Il preriscaldo dell'aria e/o del combustibile alimentato ai cowper determina in ogni caso un aumento della formazione di NOx.

- Miglioramento del processo di combustione; può essere vantaggioso, ove possibile, l'impiego di idonei bruciatori ed il controllo del processo di riscaldo.

3 . *Processo di riduzione in altoforno*

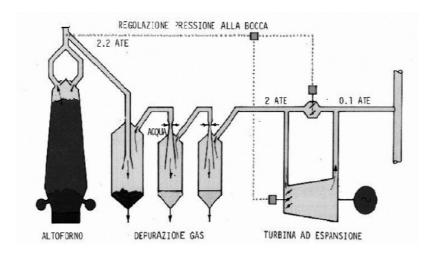
- Iniezione diretta di agenti riducenti in altoforno. In particolare l'iniezione di idrocarburi, come ad esempio carbon fossile polverizzato o granulare, olio combustibile, residui oleosi, catrame, residui plastici o gas naturale, permette la sostituzione di parte del coke utilizzato in altoforno, con conseguente effetto di riduzione delle emissioni e dei consumi energetici associati alla produzione di coke.
  L'agente riducente maggiormente utilizzato, ed iniettato a livello tubiere, è il carbon fossile polverizzato, opportunamente preparato attraverso processi di macinazione ed essiccamento (P.C.I. – Powdered Coal Injection).
  Il coke è un componente insostituibile nel processo di produzione della ghisa in altoforno, per cui la sua parziale sostituzione con agenti riducenti non può essere eccessivamente spinta e comunque non può superare determinati livelli.
  Il livello provato di iniezione di carbon fossile polverizzato in altoforno è di 180 Kg/t ghisa; tuttavia è da tenere presente che tale livello di iniezione è strettamente legato alla marcia dell'altoforno, alla stabilità del processo, alla qualità dei materiali alimentati,nonché alla qualità della ghisa e della loppa prodotti.

Sistema P.C.I.(Powdered Coal Injection)

- Recupero del gas di altoforno (Bfgas); un apposito sistema di collettori di raccolta posizionati nella parte alta, in prossimità della bocca, con relativo sistema di sicurezza per le eventuali sovrappressioni che possono verificarsi all'interno dell'altoforno, consente di convogliare verso la depurazione e poi allo stoccaggio un gas che contiene un 20-28 % di ossido di carbonio (CO) ed 1-5 % di idrogeno. Anche se il contenuto energetico del Bfgas è relativamente basso (2,7-4,0 MJ/Nm^3) ed il suo impiego come combustibile prevede un arricchimento con gas di cokeria o gas naturale, il recupero energetico è molto significativo, per le alte quantità in gioco (1200-2000 Nm^3/t di ghisa) e può aggirarsi sui 5 GJ/t di ghisa.

- Depolverazione del gas di altoforno recuperato, mediante un preabbattimento delle polveri grossolane con sistema di separazione a secco (*sacca a polvere)* e successivo trattamento di depurazione ad umido o, più raramente, con elettrofiltri.

- Adozione di un sistema di recupero energetico della pressione di bocca dell'altoforno mediante turbina ad espansione collegata a un turboalternatore per la produzione di energia elettrica.
  Questa tecnica può essere applicata su nuovi altoforni, che operano con un'elevata pressione di bocca (2-2,5 bar) e con sistemi di depurazione gas opportunamente dimensionati con una ridotta perdita di carico. Su impianti esistenti non sempre sussistono i suddetti prerequisiti e quelli di realizzabilità (disponibilità del lay-out, vantaggio del recupero, ecc…).

Negli impianti moderni si fa particolare attenzione anche alla caduta di pressione lungo tutto il sistema di depurazione, poiché essa determina l'efficienza del recupero energetico dalla pressione del gas.

Schema di flusso sistema di recupero e trattamento del gas di altoforno con preabbattitore a secco e venturi ad umido

- Trattamento delle acque reflue derivanti dalla depurazione ad umido del Bfgas; con:

  - riciclo, per quanto possibile, delle acque trattate;
  - coagulazione e sedimentazione dei solidi sospesi; le prestazioni raggiungibili in condizioni normali, sono le seguenti:
    - concentrazione di solidi sospesi dopo trattamento : ≤ 50 mg/l (media giornaliera);
      : ≤ 20 mg/l (media annuale).
  - Riciclaggio, per quanto possibile, all'impianto di agglomerazione dei fanghi precipitati e trattamento della parte non direttamente riciclabile; questi fanghi sono caratterizzati da presenza di zinco, che è di ostacolo al processo in altoforno. Se la parte di fanghi non riciclabile ha una distribuzione granulometrica tale da permettere una separazione rappresentativa delle particelle fini (più ricche in zinco) da quelle più grossolane (più povere di zinco), può essere operata l'idrociclonatura dei fanghi. La frazione più grossolana può quindi essere avviata a riciclo mentre la frazione fine viene inviata in discarica.
    Per la tipologia di fanghi prodotti non sempre è adottabile il processo di idrociclonatura in quanto non si otterrebbe un ragionevole e vantaggioso effetto di separazione e quindi un significativo incremento delle quantità di fanghi da poter riciclare.

4. *Colaggio ghisa e loppa*

- Adozione di un sistema di captazione delle emissioni che si generano dalle operazioni di colaggio della ghisa e della loppa e loro relativa depolverazione mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.
  Le prestazioni raggiungibili dopo depolverazione in condizioni normali, sono le seguenti:
  – concentrazione di polveri : 1÷15 mg/Nmc.

- Riduzione delle emissioni durante la colata nelle rigole. Si può raggiungere questo obbiettivo con le seguenti attività:

  - adozione di materiale refrattario non legato con catrame, per il rivestimento delle rigole;

  - copertura delle rigole; questa tecnica può essere adottata laddove la tipologia di ghisa prodotta lo consenta; infatti per alcune campagne di ghisa caratterizzate da maggiore viscosità (con conseguente difficoltà di deflusso nelle rigole), si rende necessario disporre di canali aperti per poter intervenire meccanicamente al fine di agevolare il deflusso del materiale.

  - adozione di un sistema di inertizzazione dei prodotti fusi con azoto per la riduzione della formazione dei fumi durante le operazioni di colaggio, in alternativa alla installazione di sistemi di captazione e depolverazione, nel caso in cui il design dell'impianto permetta la sua adozione e se vi è una sufficiente disponibilità di azoto. La captazione e depolverazione delle emissioni dal foro di colata resta comunque necessaria. L'insufflaggio di azoto, che si diffonde nell'ambiente di lavoro, può determinare problemi di sicurezza per il personale (asfissia), per cui l'eventuale adozione di tale tecnica necessita di misure aggiuntive tese ad assicurare un'adeguata ventilazione degli ambienti di lavoro ed il loro monitoraggio.

5. *Trattamento loppa*

- Adozione di un sistema di granulazione della loppa, con raffreddamento ad acqua di mare se a circuito aperto o ad acqua dolce con relativo riciclo.

- Condensazione dei vapori di granulazione della loppa, nel caso vi siano problemi di odori (da H2S o SO2).
  La tecnica è applicabile soprattutto nella realizzazione di nuovi altoforni; negli stabilimenti esistenti problemi di lay-out, di compatibilità con l'impiantistica esistente ed elevati costi di realizzazione, rendono in genere impraticabile la realizzazione dell'intervento, i cui benefici devono essere valutati anche in relazione ai consumi energetici richiesti dal circuito dell'acqua ed alle emissioni conseguenti alla produzione di energia.

6. *Gestione dei residui*

Per i rifiuti solidi, le seguenti tecniche sono considerate BAT:
– la minimizzazione della produzione di rifiuti;
– il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili, tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di abbattimento ad umido, ecc…,tal quali e/o tramite bricchettaggio; il riutilizzo della loppa (ad es.: in cementeria, per la costruzione di strade, ecc…);
– lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.

4.2.4 Acciaieria ad ossigeno e Colata Continua

Per le acciaierie ad ossigeno e le colate continue i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:
- il trattamento ed il recupero del gas di acciaieria;
- la captazione e abbattimento delle emissioni secondarie.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi,emissioni,rifiuti)

La tecnologia più diffusa per il trattamento della ghisa fusa è la tecnica BOS (Basic Oxigen Steelmaking), un processo di affinazione in convertitori ad ossigeno che comprende le seguenti fasi:

1. *trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa (desolforazione);*
2. *affinazione della ghisa;*
3. *trattamento metallurgico secondario dell'acciaio;*
4. *colaggio acciaio.*

Per ciascuna delle suddette fasi vengono di seguito descritte le attività svolte e le principali componenti di natura ambientale su cui applicare le B.A.T. ai fini della prevenzione integrata dall'inquinamento.

1. *Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa (desolforazione)*

La ghisa fusa prodotta dagli altoforni viene trasferita in acciaieria a mezzo di carri siluro movimentati con locomotori ferroviari (4.2.3. punto 4).
In acciaieria, il versamento della ghisa dai carri siluro viene effettuato posizionando una siviera ghisa in zona sottostante al carro ed effettuando una rotazione di quest'ultimo attorno all'asse longitudinale.
La ghisa, in arrivo dall'altoforno, può contenere delle impurezze la cui presenza è controindicata per la produzione di acciai dai requisiti qualitativi particolarmente severi. Pertanto, prima del caricamento nel convertitore ad ossigeno, possono rendersi necessari degli opportuni pretrattamenti, come la desolforazione, la defosforazione, la desilicizzazione; di questi il più diffuso è la desolforazione, effettuata per regolare nella ghisa il contenuto in zolfo.

La desolforazione avviene mediante l'iniezione nel bagno di ghisa fusa di agenti desolforanti (carburo di calcio, soda, calce, ecc…) che sono essenzialmente dei composti basici ai quali lo zolfo si lega, trasferendosi dalla ghisa nella scoria.
La scoria si stratifica sul bagno di ghisa fusa per effetto del minor peso specifico e deve essere eliminata per evitare il ritorno dello zolfo durante l'operazione di affinazione. L'operazione di "scorifica" viene effettuata in apposita postazione mediante l'ausilio di un raspo.
Dopo la raspatura la siviera di ghisa fusa viene inviata al convertitore per la fase di carica.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano, in normali condizioni, durante il processo di desolforazione e le successive fasi di separazione e pesatura delle scorie, sono emissioni di particolato, presenti fino a 10.000 mg/Nm^3.

2 . *Affinazione della ghisa.*

L'affinazione della ghisa avviene nel convertitore, dove per azione dell'ossigeno si ha l'ossidazione del carbonio (approssimativamente dal 4% a meno dell'1%) e di altri composti indesiderati che si trasferiscono nella scoria. Le principali reazioni che hanno luogo durante il processo di affinazione sono le seguenti:

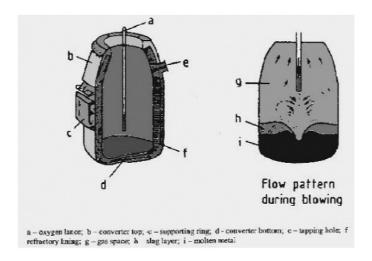
Carbon elimination	[C] + [O]	↔ CO (off-gas)
	[CO] + [O]	↔ CO_2 (off-gas)
Oxidation of accompanying and tramp elements		
- Desiliconisation	[Si] + 2[O] + 2(CaO)	↔ (2CaO • SiO_2)
- Manganese reaction	[Mn] + [O]	↔ (MnO)
- Dephosphorisation	2[P] + 5 [O] + 3 [CaO]	↔ (3CaO • P_2O_5)
- Desulphurisation	[S] + [CaO]	↔ (CaS) + [O]
Deoxidation		
Removal of residual oxygen through ferro-silicon	[Si] + 2[O]	↔ (SiO_2)
Aluminium	2[Al] + 3[O]	↔ (Al_2O_3)

Notes: [ ] solute in the iron
( ) contained in the slag

La reazione del carbonio (decarburazione) è quella di maggiore importanza; essa avviene con sviluppo di gas (principalmente monossido di carbonio), che determina agitazione del metallo e rimescolamento della scoria. Il contenuto di ossigeno nel corso dell'affinazione è in larga misura controllato da questa reazione, che indirettamente influisce così su altre reazioni e sui parametri di processo dipendenti dallo stato di ossidazione. La durata dell'affinazione dipende quindi dal tempo necessario alla riduzione del tenore di carbonio da un determinato livello iniziale al livello finale desiderato.

I processi di affinazione ad ossigeno impiegano una carica composta per il 70 ÷ 90 % di ghisa liquida e il rimanente da rottame di ferro e materiale ferrifero. Essi consentono anche di arrestare la decarburazione a livelli medi ed elevati di carbonio, e quindi la produzione di acciai duri e semiduri.
I principali processi di conversione ad ossigeno sono il processo L.D. (Linz-Donawitz) ed il processo O.B.M. (Oxygen-Boden-Maxhuette).

Il processo L.D. è realizzato in un convertitore a fondo chiuso, rivestito internamente di materiale refrattario, dove viene introdotta la carica (rottame e ghisa fusa) mantenendo il convertitore in posizione inclinata. Al termine della carica, il convertitore viene raddrizzato e con l'introduzione della lancia per il soffiaggio dell'ossigeno inizia il processo di affinazione; la lancia è mantenuta ad una certa altezza rispetto alla superficie del bagno metallico.
L'impatto dell'ossigeno con il bagno metallico fuso crea dopo pochi attimi l'innesco, ossia si forma una zona di reazione a temperatura estremamente elevata per l'ossidazione diretta del materiale. In tale zona avviene l'assorbimento dell'ossigeno soffiato, che si diffonde con grande rapidità in tutta la massa metallica per la forte turbolenza e circolazione di metallo, determinata

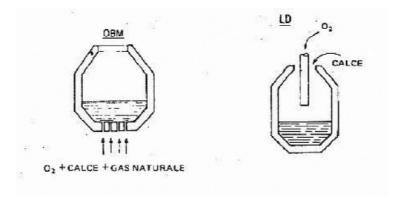
dal getto di ossigeno, dallo sviluppo di gas per il procedere veloce della decarburazione e dal gradiente termico determinatosi all'interno del bagno metallico.

Soffiaggio in convertitore

Contemporaneamente all'ossidazione del carbonio e di altri composti (silicio, manganese, fosforo, ecc…), si formano anche delle scorie basiche fluide, dovute all'aggiunta di calce, immessa anch'essa dalla bocca del convertitore. A seconda dei tipi e della qualità degli acciai da produrre, la decarburazione può essere completa (scendendo cosi a tenori di carbonio dello 0,03 ÷ 0,08%) oppure parziale, se viene arrestata a un tenore di carbonio più elevato.

Terminata la fase di soffiaggio l'acciaio viene colato in siviera (spillaggio) procedendo alle aggiunte necessarie per il raggiungimento della composizione chimica richiesta.

La scoria, invece,versata in paiole movimentate con carri ferroviari, dopo lo svuotamento delle stesse è raffreddata con acqua ed avviata alla deferrizzazione: la separazione del materiale ferrifero dall'inerte, ne consente il riciclo.

Spillaggio acciaio in siviera

A differenza del processo L.D., nel processo OBM, il soffiaggio del bagno fuso avviene invece dal basso, come di seguito schematizzato.

L'ossigeno, immesso direttamente all'interno del bagno e per una zona relativamente estesa attraverso numerose tubiere, riduce le condizioni di non omogeneità della composizione del bagno metallico e gli stati di non equilibrio tra bagno e scoria. Il soffiaggio dell'ossigeno provoca elevatissime temperature nella zona di contatto tra tubiera e bagno metallico determinando una rapida usura delle tubiere e del refrattario di fondo. A contrastare tale fenomeno viene soffiato anche un idrocarburo gassoso (metano), il quale a contatto con il bagno, si dissocia termicamente secondo la reazione:

$$CH_4 \longrightarrow C + 2H_2$$

assorbendo quindi una elevata quantità di calore e diminuendo le alte temperature provocate dalle reazioni dell'ossigeno nella zona di uscita dalla tubiera.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano, in normali condizioni, durante le operazioni di carica e spillaggio del convertitore, sono emissioni di polveri; queste sono presenti in discreta quantità (15-20 kg/t LS), anche nel gas di acciaieria che si sviluppa durante il soffiaggio; quest'ultimo, contenendo una grande quantità di monossido di carbonio, può essere recuperato o combusto.
Durante il soffiaggio possono inoltre intervenire sporadicamente particolari perturbazioni nel processo che comportano effetti transitori con generazione anomala di fumi di ossidi di ferro, il cui volume istantaneo è di entità tale da non poter essere totalmente aspirato dai sistemi di aspirazione dei fumi primari e secondari.

Dal trattamento del gas di acciaieria per via umida derivano inoltre dei reflui contenenti prevalentemente solidi sospesi.

3. *Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio.*

Il processo di ossidazione nel convertitore è generalmente seguito da post-trattamenti metallurgici che sono stati sviluppati per far fronte alle sempre maggiori richieste qualitative dell'acciaio prodotto. I principali obiettivi dei trattamenti metallurgici sono:

- miscelazione e omogeneità del bagno;
- aggiustamenti della composizione chimica
- aggiustamenti della temperatura;
- deossidazione;
- rimozione di gas indesiderabili;
- miglioramento della purezza attraverso la separazione delle inclusioni non metalliche

Uno dei principali step dei trattamenti metallurgici è il degasaggio (o trattamento sottovuoto) che permette la rimozione di composti gassosi inglobati nel bagno, come idrogeno, ossigeno, azoto, o composti del carbonio.
Sono stati sviluppati i seguenti sistemi degasaggio:
- Degasaggio in siviera;
- Degasaggio mediante ricircolazione dell'acciaio.

Degasaggio in siviera

Può essere realizzato introducendo la siviera, con l'acciaio in essa contenuto, in un contenitore collegato all'impianto del vuoto; oppure dotando la siviera stessa di un coperchio di tenuta collegato all'impianto del vuoto.
In questo modo la superficie dell'acciaio viene esposta all'azione del vuoto, azione che però si attenua rapidamente al di sotto della superficie; per questo motivo l'acciaio in siviera deve venire costantemente rimescolato in modo da portare il metallo che si trova in profondità in superficie e viceversa. Questa agitazione viene ottenuta mediante gorgogliamento di argon dal fondo della siviera (introducendolo mediante tappo poroso), oppure mediante azione

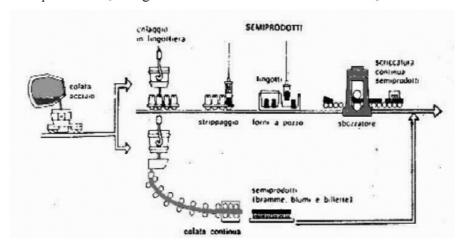
elettromagnetica. L'acciaio deve essere adeguatamente surriscaldato per tener conto della caduta di temperatura durante il trattamento.

<u>Degasaggio mediante ricircolazione dell'acciaio</u>
Rispetto al degasaggio in siviera, che esercita la sua azione sull'intera colata, in questo processo viene esposta all' azione del vuoto, ripetutamente, solo una parte della colata d'acciaio.
Questo viene fatto ricircolare in un recipiente di trattamento sovrastante, nel quale si mantiene il vuoto. Il metallo passa dalla siviera al recipiente sotto vuoto attraverso una o due gambe tubolari di refrattario che stanno immerse nell'acciaio.
La porzione di acciaio degasato ritorna nella siviera mescolandosi con il resto della colata, che viene ad essere così progressivamente diluita.
Con questo sistema il degasaggio è favorito poiché con la limitata quantità di acciaio sottoposta di volta in volta al vuoto, si realizza un aumento della superficie esposta ed una diminuzione del percorso diffusionale dei gas da eliminare. Il trattamento può essere discontinuo (DH) o continuo (RH) con possibilità di operare aggiunte e soffiare ossigeno allo scopo di effettuare decarburazioni molto spinte.
Su impianti significativi il vuoto viene realizzato per mezzo di eiezione con vapore e condensazione con acqua, di cui si ha un consumo significativo.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle che derivano dalle operazioni di trattamento dell'acciaio. Dai trattamenti sotto vuoto, che utilizzano vapore ed acqua per creare il vuoto, derivano inoltre dei reflui contenenti prevalentemente solidi sospesi.

4. *Colaggio acciaio.*

Una volta raggiunta la qualità desiderata, l'acciaio deve essere solidificato; il colaggio in lingotti, per molti anni, ha rappresentato un passaggio obbligato per la produzione di bramme, blumi, billette. Il lingotto, trascorso il tempo necessario alla solidificazione, veniva strippato, inviato ai forni a pozzo e riscaldato fino a raggiungere la temperatura idonea di laminazione allo sbozzatore.

Con l'introduzione della colata continua, l'acciaio liquido viene direttamente solidificato in bramme, blumi, billette senza l'ausilio di ulteriori passaggi intermedi, con evidenti vantaggi dal punto di vista del risparmio energetico, di riduzione delle emissioni, dell'utilizzo di acque, di aumento della produttività,di miglioramento delle rese di trasformazione, ecc…

Confronto cicli di produzione bramme da fossa e da colata continua

Il processo di colata continua è caratterizzato essenzialmente dal colaggio dell'acciaio dalla siviera in un recipiente rivestito in materiale refrattario (paniera), che ha il compito principale di mantenere un battente ferrostatico costante e consentire un deflusso regolare e controllabile dell'acciaio liquido alla sottostante lingottiera. La paniera garantisce la continuità del colaggio; nel caso di macchine a più linee disposte in parallelo, ha anche il compito di ripartire l'acciaio fra le diverse linee.

Colata continua: colaggio acciaio in paniera

La lingottiera è dotata di moto oscillatorio ed è raffreddata indirettamente con acqua; il raffreddamento assicura la veloce solidificazione dell'acciaio, nel breve tempo del suo attraversamento, in modo che la barra abbia formato un guscio solido esterno prima di abbandonarla.

Il moto oscillatorio, invece, impedisce che l'acciaio aderisca alle superfici, provocando incollamenti che dapprima ostacolerebbero l'avanzamento della barra e poi provocherebbero la rottura della pelle.

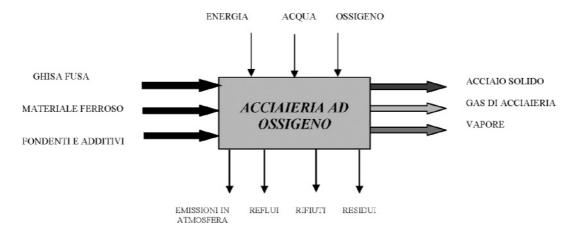
La lunghezza della lingottiera è studiata così da conciliare i seguenti principali fattori:

- deve essere sufficientemente lunga e realizzata in materiale idoneo per consentire il raffreddamento della bramma e permettere la formazione di una pelle di spessore tale da resistere alla pressione ferrostatica;
- evitare eccessivi attriti tra l'acciaio e la superficie della lingottiera.

Macchina di colata continua

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle di vapore che derivano dalle operazioni di raffreddamento della bramma, dei blumi, delle billette con acqua e che vengono evacuate in atmosfera.
Dal processo di raffreddamento dell'acciaio derivano inoltre reflui contenenti solidi sospesi ed oli.

Bilancio complessivo di materia ed energia

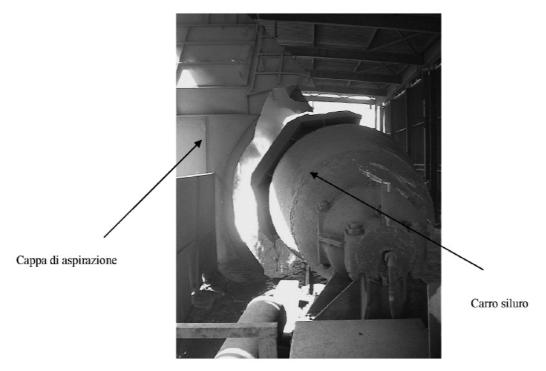
Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla acciaieria ad ossigeno è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali residui solidi, determinati nel normale svolgimento del processo descritto, sono costituiti da scorie di acciaieria e da scorie derivanti dai trattamenti ghisa e acciaio, dalle scaglie e dai fanghi derivanti dai sistemi di trattamento dei reflui e da polveri derivanti dai sistemi di depolverazione a secco. In larga misura si tratta di residui che vengono recuperati sia in acciaieria che in agglomerato. Quanto non riciclabile, insieme ai rifiuti derivanti da attività di manutenzione,
quali i refrattari non riciclabili, sono indirizzati allo smaltimento in discarica.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. *Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa (desolforazione)*

Adozione di un sistema di captazione delle emissioni (secondarie) che si verificano

- nella fase di versamento della ghisa dal carro siluro alla siviera,
- nella fase di trattamento della ghisa (desolforazione e scorifica),

e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.

Captazione fumi nel versamento ghisa

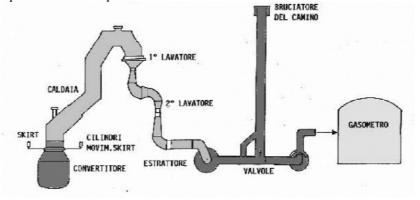
Le prestazioni raggiungibili con questa tecnica, in condizioni normali, sono le seguenti:

- concentrazione di polveri dopo abbattimento:
  - con filtro a tessuto: 5÷15 mg/Nmc
  - con elettrofiltro: 20÷30 mg/Nmc

Per il versamento della ghisa dal carro siluro alla siviera, una nuova tecnica, alternativa all'adozione dei sistemi di captazione e depolverazione, è quella di minimizzare la formazione dei fumi mediante l'uso di un gas inerte. Più precisamente, questa tecnica consiste nella vaporizzazione di biossido di carbonio (CO_2) nella siviera di raccolta, per creare un'atmosfera inerte e prevenire l'ossidazione della ghisa versata; ciò limita la formazione di fumi.
Tuttavia la vaporizzazione della CO2 nell'ambiente di lavoro determina problemi per la sicurezza del personale (pericolo di asfissia), per cui l'eventuale adozione di tale sistema necessita di misure aggiuntive tese ad assicurare un'adeguata ventilazione degli ambienti di lavoro ed il loro monitoraggio.

2. *Affinazione della ghisa*

- Adozione di un sistema di aspirazione dei gas di acciaieria (gas BOF) che si sviluppano durante il processo di affinazione in convertitore ed applicazione di una delle seguenti tecniche per il recupero d'energia:

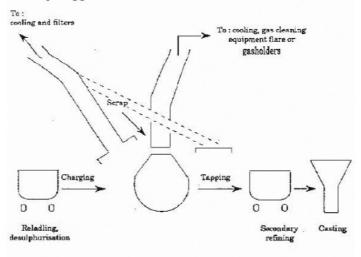
– combustione soppressa con recupero del gas di acciaieria, depolverazione primaria, stoccaggio in gasometro e suo riutilizzo come combustibile. Nella combustione soppressa il recupero del gas è relativo alla parte centrale della fase di soffiaggio ossigeno in convertitore, quando più alta è la percentuale di ossido di carbonio nel gas. Il gas che si sviluppa durante la fase iniziale e la fase finale del processo di affinazione in convertitore, per la durata di pochi minuti, non viene recuperato ma combusto in torcia. Tale sistema consente anche il recupero del calore sensibile ceduto dal raffreddamento del gas ed il suo utilizzo per la produzione di vapore.

Schema del sistema a combustione soppressa con depurazione ad umido

Dopo la rimozione del particolato più grossolano in una zona di deviazione, la depolverazione viene generalmente eseguita con uno scrubber tipo Venturi o con i precipitatori elettrostatici.

– combustione del gas di acciaieria con relativa generazione di vapore. Tecnica adottata negli impianti esistenti, nei casi in cui non è fattibile il recupero e l'utilizzo del gas di acciaieria, o non vi è convenienza dal punto di vista energetico.

In questo caso la depolverazione del gas di acciaieria va effettuata dopo la combustione, prima dello scarico al camino; sono ancora utilizzati scrubber ad umido ed elettrofiltri a secco, questi ultimi nelle applicazioni più recenti.
In linea di principio, nel caso della combustione si hanno maggiori portate da trattare, per via dell'immissione dell'aria comburente; quindi, nel caso di adozione della combustione soppressa i sistemi di depolverazione sono dimensionati per un minor flusso volumetrico di gas da trattare.

- Chiusura del foro di ingresso della lancia ossigeno durante il soffiaggio o insufflaggio di gas inerte per limitare l'eventuale dispersione di gas e particolato.

- Adozione di un sistema di captazione delle emissioni (secondarie) durante le fasi di carica del convertitore e di spillaggio dell'acciaio e delle scorie dal BOF;

Schema captazione fumi al caricamento e spillaggio acciaio

conseguente depolverazione dei fumi captati mediante l'utilizzo di filtri a tessuto o elettrofiltri a secco, oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di abbattimento.
Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
- concentrazione di polveri dopo abbattimento:
  - con filtro a tessuto : 5÷15 mg/Nmc
  - con elettrofiltro : 20÷30 mg/Nmc

Queste polveri normalmente contengono un alto contenuto di zinco.

- Minimizzazione delle acque di scarico del sistema di depolverazione ad umido del gas BOF mediante il ricorso, per quanto possibile, possibile al ricircolo delle stesse; ciò presuppone:

  - un sistema di trattamento delle acque di lavaggio, come la coagulazione e la sedimentazione dei solidi sospesi.
    Prestazioni raggiungibili in condizioni normali: concentrazione di solidi sospesi: 20 mg/l.

  - nei sistemi a combustione soppressa, un più elevato livello di ricircolo può essere ottenuto attraverso l'iniezione di CO_2 nelle acque, prima dello stadio di sedimentazione per favorire la precipitazione dei carbonati.

- Utilizzo di rottame, per quanto possibile, con basso contenuto di zolfo e di metalli come piombo e cadmio.

3. *Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio*

- Adozione di un sistema di captazione delle emissioni secondarie che si generano durante i processi di trattamento metallurgico secondario dell'acciaio e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di abbattimento.

Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:

- concentrazione di polveri dopo abbattimento:
  - con filtro a tessuto : 5÷15 mg/Nmc

4. *Colaggio acciaio*

- Riduzione dei reintegri delle acque dei raffreddamenti diretti in colata continua, mediante il ricorso, per quanto possibile, al ricircolo delle stesse; ciò presuppone il trattamento delle acque mediante:
  - un sistema di coagulazione e sedimentazione per l'eliminazione dei solidi sospesi;
  - un sistema di rimozione dell'olio.

5. *Gestione dei residui*

Per quanto possibile si consiglia di adottare:

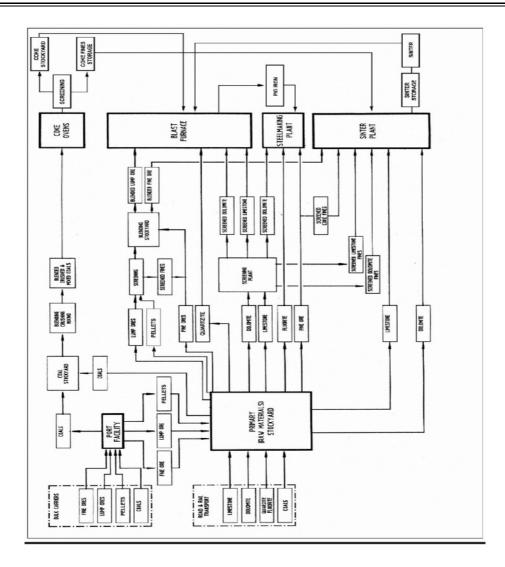
- la minimizzazione della produzione dei rifiuti;
- il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili, tra cui principalmente il materiale ferroso, le scorie di acciaieria, le polveri derivanti dalla depolverazione a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di depolverazione ad umido del gas di acciaieria, le polveri derivanti dalla depolverazione con elettrofiltri a secco del gas di acciaieria tramite bricchettaggio, ecc…Riguardo al recupero di queste polveri, le bricchette vengono riutilizzate nella carica del convertitore e/o in altoforno. Invece del bricchettaggio, per particolari condizioni operative, e ove possibile, può essere adottato un processo di pellettizzazione.
- smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.

4.2.5 Stoccaggio e manipolazione di materie prime, prodotti intermedi e ausiliari

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali

Nel ciclo integrato viene utilizzata un'elevata quantità di materie prime solide come minerali (calibrati, pellets, fini), carbon fossili, calcare, calce, ausiliari ecc…, necessari ai vari processi per la produzione dell'acciaio e che vengono generalmente approvvigionati mediante navi e/o attraverso mezzi stradali e ferroviari.

Tali materiali, nonché i prodotti intermedi (come ad esempio coke, agglomerato), sottoprodotti, ecc…, sono stoccati in cumuli in apposite aree di stoccaggio. Inoltre nei rispettivi impianti di trasformazione, i materiali solidi, a seconda delle necessità, possono essere stoccati per tipologia in silos, box, tettoie, ecc…
Il trasferimento dei vari materiali avviene, a seconda delle necessità, a mezzo di nastri trasportatori, nonché attraverso mezzi stradali e/o ferroviari.

Di seguito viene riportato un esempio di schema di flusso dei materiali in un ciclo integrato tradizionale con agglomerato senza impianto di bricchettaggio.

Per lo stoccaggio e la manipolazione delle suddette materie solide i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano la limitazione delle emissioni di polveri a carattere diffuso.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. Stoccaggio materiali solidi

Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

- *Stoccaggio in cumuli a cielo aperto*

Lo stoccaggio in cumuli è l'unica opzione per lo stoccaggio di elevate quantità di materiali, poco o moderatamente polverosi e che non hanno problemi di deteriorabilità con l'umidità, come minerali di ferro, carbon fossile, coke, calcare in pezzatura, ecc….

Parchi di stoccaggio materie prime

Le misure di prevenzione delle emissioni di polveri sono una combinazione delle seguenti tecniche:

- formazione di cumuli in modo tale da limitare l'esposizione all'effetto del vento come ad esempio: cumuli ad asse longitudinale parallelo alla direzione del vento prevalente, cumuli di maggiori dimensioni rispetto a più cumuli di minore capacità, cumuli conici o troncoconici che abbiano idonee proporzioni in modo da limitare la superficie esposta.
  Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione delle suddette misure sono principalmente: la sfavorevole posizione del sito, la presenza di infrastrutture come strade, ferrovie, strutture, ecc.. che non possono essere modificate, l'indisponibilità del lay-out, la necessità di formazione di cumuli diversi sia per le diverse tipologie e qualità dei materiali che per assicurare la costante alimentazione degli impianti, la pendenza dei cumuli è quella assunta naturalmente dal materiale, ecc…;

- spruzzaggio di una soluzione di filmante sulla superficie dei cumuli di materiale che possono presentare un'elevata tendenza allo spolveramento in modo da creare un film superficiale di aggregazione delle particelle di materiale resistente all'azione del vento.
  La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione della suddetta misura deriva principalmente da possibili effetti di danneggiamento del materiale sottoposto all'azione dell'agente filmante o da necessità di continua movimentazione del materiale.

Filmatura cumuli

- umidificazione della superficie dei cumuli di materiale, non sottoposti all'azione della filmatura.
  Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tale misura sono ad esempio la deteriorabilità del materiale con l'umidità, la mancanza di risorse idriche, ecc… Inoltre tale misura non viene ad essere applicata in caso di clima piovoso e/o freddo.

- copertura dei cumuli con teli o inerbimento della superficie dei cumuli, solo nel caso di stoccaggi per periodi molto lunghi in cui il materiale non viene ad essere movimentato;

- sospensione, se possibile, dell'attività di messa a parco e ripresa del materiale in caso di forte vento.
  La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell'attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.

- adozione di sistemi protettivi dall'azione del vento come recinzioni, reti protettive, piantumazione di alberi, adozione di colline artificiali, muri di contenimento.
  Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tali misure derivano da problemi di lay-out, presenza di infrastrutture che non possono essere modificate, limitazioni della capacità di stoccaggio.

- *Stoccaggio in sili o in sistemi coperti*

Lo stoccaggio in sili può essere applicato quando la quantità di materiale da stoccare non è elevata o nel caso di stoccaggio di materiali che possono deteriorarsi sotto l'azione degli agenti atmosferici.
Per la limitazione delle emissioni che possono derivare nella fase di riempimento e/o ripresa del materiale dai sili può essere operata l'umidificazione prima dell'insilaggio e/o allo scarico. Tale

tecnica è generalmente applicabile agli impianti esistenti dove maggiori sono i problemi di lay-out.
In alternativa e ove possibile, possono essere adottati sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo di sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.
Per lo stoccaggio di materiali in quantità non elevata e che possono deteriorarsi sotto l'azione degli agenti atmosferici, possono essere adottati sistemi di stoccaggio coperti che sono in genere costituiti da tettoie, capannoni, cupole.

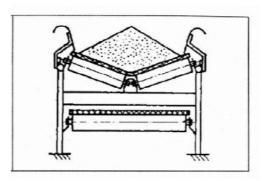
Tali tecniche di stoccaggio non sempre sono applicabili per motivi tecnici, logistici e/o economici.

Stoccaggio sotto tettoia

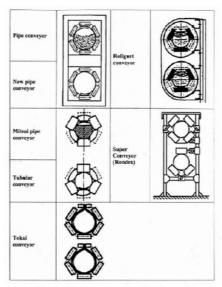
2. *Trasferimento e manipolazione materiali solidi*

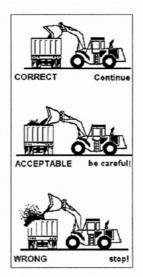
Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

- adozione, ove possibile, di sistemi di trasporto continuo, come l'utilizzo di nastri trasportatori, in alternativa al trasporto discontinuo (ad esempio a mezzo pala, camion, ecc..). Il tipo di sistema di convogliamento dipende dal tipo di materiale trasportato, dalla situazione logistica e deve essere valutato caso per caso. Per gli impianti esistenti l'applicazione di sistemi di trasporto continuo non è sempre possibile per motivi di lay-out, tecnici e/o economici, trattandosi di una tecnica notevolmente costosa.

  Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali poco o moderatamente polverosi e/o umidificabili, quali ad esempio i minerali di ferro, i carbon fossili, il calcare in pezzatura, il coke, l'agglomerato, ecc..., possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali con una delle seguenti tecniche o una appropriata combinazione delle stesse:
  - sistemi di protezione dall'azione del vento;
  - umidificazione o nebulizzazione d'acqua nei punti di trasferimento del materiale;
  - pulizia del nastro mediante raschiatori o altro idoneo sistema.

Nastro convogliatore convenzionale

Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali molto polverosi e non umidificabili, quali ad esempio la calce, il carbon fossile polverizzato secco, ecc… possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali protetti e adozione, ove possibile, nei punti di trasferimento del materiale di sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo e la necessità del sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.

Per nuovi stabilimenti che necessitano del trasporto continuo di materiali molto polverosi e non umidificabili, possono essere applicati sistemi di trasporto chiusi o sistemi che racchiudono il materiale trasportato all'interno del nastro (ad esempio nastri tubolari), la cui adozione comunque necessita di complesse infrastrutture in particolar modo nel caso in cui è necessario coprire lunghe distanze.

Nastri trasportatori tubolari

- nel caso di utilizzo di pale meccaniche deve essere per quanto possibile ridotta l'altezza di caduta del materiale scegliendo la migliore posizione durante il carico dei mezzi di trasporto;

Carico camion con pala

- sospensione, se possibile, dell'attività di carico e scarico effettuata all'esterno in caso di forte vento (>20 m/s).
  La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell'attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.

- adozione di un'adeguata velocità dei mezzi di trasporto in modo da limitare il possibile sollevamento della polvere durante l'attraversamento di strade, piste, ecc…;

- adozione, ove possibile, di strade asfaltate che possono essere facilmente pulite con idonei sistemi di pulizia (spazzatrici, ecc…);

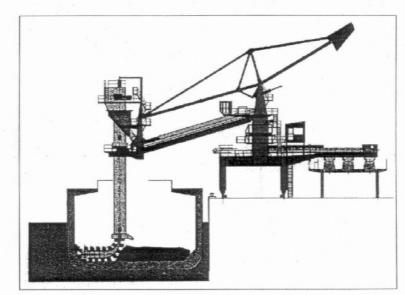
- adozione, ove possibile, della pulizia delle ruote dei mezzi con acqua, in modo da limitare l'eventuale sollevamento di polvere durante la movimentazione su strada;

- minimizzazione dell'altezza di caduta libera e della velocità di carico e scarico di materiali molto polverosi adottando ad esempio: deflettori, sistemi di regolazione di uscita del materiale, scivoli, tramogge, tubi in cascata, ecc…;

- adozione di un sistema di spruzzaggio di acqua per prevenire la formazione di polvere durante le attività di carico e scarico di materiali molto polverosi. Lo spruzzaggio di acqua può essere effettuato attraverso l'utilizzo di sistemi fissi o mobili.
  Per materiali che non possono essere umidificati può essere adottato un sistema di nebulizzazione di acqua o lo spruzzaggio di acqua con additivi;

- nel caso di scarico materiali con benna il materiale deve essere rilasciato nella tramoggia e la benna deve stazionare per il tempo sufficiente alla discarica. La zona di scarico in tramoggia, può essere dotata di un sistema di spruzzaggio di acqua da attivare all'occorrenza.
  Per le nuove benne dovrebbero essere applicate le seguenti proprietà:
  - idonea forma geometrica;
  - idonea capacità e volume di carico;
  - idonea superficie interna che limiti l'adesione del materiale;
  - buona capacità di chiusura.

Benna

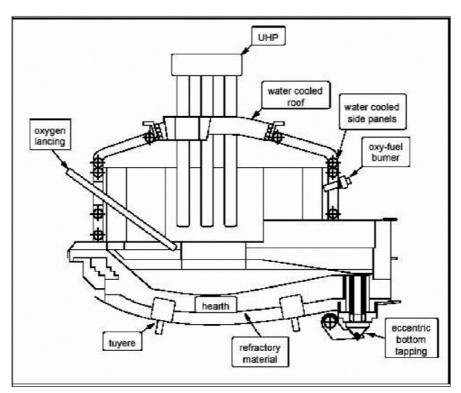
Nello scarico dei materiali da navi, oltre all'utilizzo di scaricatori dotati di benne, possono essere adottati scaricatori continui in cui il materiale viene estratto dalle stive della nave a mezzo di un elevatore flessibile che convoglia il materiale direttamente sul nastro convogliatore di trasferimento.

Scaricatore continuo

4.3 Produzione d'acciaio al forno elettrico

La produzione di acciaio al forno elettrico è di per se stessa un'attività ecologica, in senso lato, in quanto sfrutta materiali simili ai prodotti finiti che altrimenti, al termine del loro ciclo di vita, non avrebbero destinazione, recuperando anche una buona parte dell'energia che inizialmente è stata spesa per ottenere l'acciaio a partire dal minerale.
Riguardo ai consumi di energia resta comunque ancora ad un livello elevato (è, per così dire, molto energivoro).

- A fronte di tale prerogativa, l'operazione ha comunque un impatto ambientale; i principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:
  la captazione e l'abbattimento delle polveri
- i rifiuti solidi
- la gestione delle acque
- il consumo di energia
- i composti organoclorurati

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi,emissioni,rifiuti)

Negli ultimi 15-20 anni il forno elettrico è stato oggetto di tutta una serie di miglioramenti che ne hanno, in definitiva, ottimizzata la marcia incrementandone la produttività e diminuendone, di conseguenza, il consumo specifico di energia.
La figura seguente riassume alcune delle tecniche di ottimizzazione

Esaminando le fasi principali del processo, secondo la suddivisione riportata al capitolo 3.3, si può osservare che le tematiche ambientali si presentano essenzialmente nelle fasi di :

-Carica del forno fusorio con o senza preriscaldo
-Fusione in EAF dell'acciaio ed affinazione
-Scorifica e spillaggio
-Trattamenti di metallurgia secondaria

A fronte di questi fattori si possono adottare tecniche di mitigazione già sperimentate adottate e disponibili.

Inoltre, non tutte le tecniche, di cui si dirà nel seguito, sono estendibili a tutte le acciaierie del settore in maniera indifferenziata, in quanto non sempre le condizioni della specifica acciaieria permettono l'inserimento, o la modifica sostanziale, degli impianti e delle apparecchiature interessate.

- *Preriscaldo rottame.*

Si basa sul concetto di recuperare il calore sensibile dei fumi captati in uscita dal forno elettrico.
Negli anni passati il preriscaldo più comunemente utilizzato era quello effettuato in ceste a cui veniva convogliata, direttamente, una quota spillata all'inizio del condotto fumi.
Il sistema è certamente oneroso dal punto di vista tecnico e manutentivo, costituendo peraltro un altro punto di emissione, per cui lentamente andrà in disuso.

Attualmente altri sistemi sono in via di espansione come utilizzo come ad esempio lo Shaft Furnace (vedi fig. A) ed il Consteel(vedi fig. B).

Tutti e due si basano sul fatto che i fumi, prima di andare al sistema di abbattimento, passano in controcorrente attraverso il rottame; la differenza risiede nelle modalità di come il rottame viene portato al forno. In entrambi i casi non è richiesta l'apertura della volta per la carica del rottame per cui il risparmio di energia viene maggiormente aumentato ed il tempo tap to tap ulteriormente ridotto.
Come concetto è applicabile ad impianti sia nuovi che vecchi; in pratica, però, l'installazione si deve verificare caso per caso in relazione al lay-out disponibile o altri vincoli tecnici esistenti..
Dal punto di vista delle criticità delle emissioni non esistono, per il sistema di carica in continuo, particolari problematiche di aspirazione e convogliamento all'impianto fumi del forno; anzi, la quasi totale assenza di cariche discontinue con cesta limita, di molto, il fenomeno della dispersione di fumi secondari (la carica con cesta è limitata alle ripartenze dopo fermate prolungate, cioè a forno freddo e vuoto, o per alimentare rottame di pezzatura e forma non idonea al carico con il convogliatore in continuo).
Entrambi i sistemi portano un beneficio nel contenimento delle emissioni sonore.

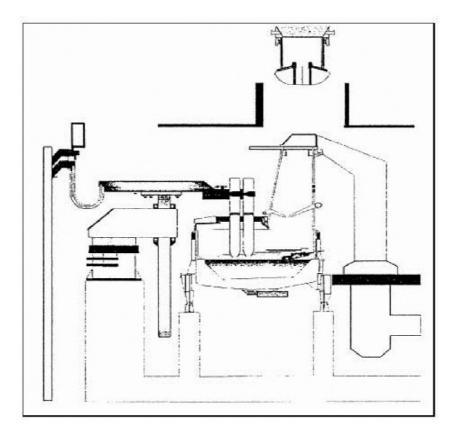



Fig. A –Esempio di EAF equipaggiato con “finger shaft furnace”

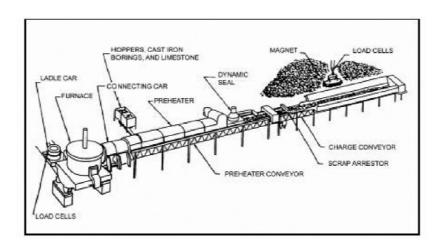
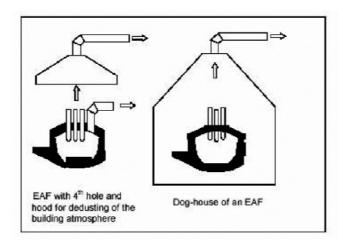



Fig. B –Esempio di EAF equipaggiato con “Consteel Process”

- *Fusione in EAF dell'acciaio ed affinazione*

La fase di fusione è quella in cui maggiormente si sviluppano le emissioni di polveri e di gas inquinanti di cui è strettamente necessaria la captazione (emissioni primarie).
A riguardo si sono evoluteed affermate diverse tecniche, di cui le più conosciute sono le seguenti:

-4° foro e cappa (o 2° foro e cappa)
-4° foro e dog – house
-Confinamento totale del forno

Il 2° o il 4° foro può estrarre praticamente le emissioni generate durante la fusione ed il periodo di affinazione.
Questo tipo di estrazione rappresenta lo stato dell'arte per le acciaierie moderne; il sistema può essere applicato anche ai vessels utilizzati nella metallurgia secondaria.
In un sistema a cappa, una o più cappe sopra il forno raccolgono i fumi indiretti uscenti durante il periodo di carica forno, fusione, scorifica e colaggio (fino al 90% delle emissioni primarie ed anche delle secondarie). Questi sistemi, che includono l'uso delle cappe, sono largamente utilizzati nelle acciaierie elettriche.
La combinazione dei due suddetti sistemi porta ad un miglioramento della captazione fino al 98%.
Le cappe vengono installate anche per raccogliere le emissioni provenienti dalla metallurgia secondaria e dai nastri trasportatori.

Il confinamento dei forni, chiamata dog-house, di norma incapsula il forno nel suo complesso e lascia qualche spazio di lavoro davanti alla porta. Normalmente i fumi vengono estratti vicino alla sommità attraverso aperture presenti nella stessa dog house, mentre l'aria di ricambio entra attraverso le aperture fatte a livello del piano di lavoro.
Il confinamento del forno ha un benefico effetto sulla riduzione del rumore, se questo confinamento viene realizzato in maniera corretta e con materiali adatti.
L'abbattimento del livello di pressione sonora può situarsi tra 10 e 20 dB(A).
Un altro sistema per la captazione delle emissioni secondarie, in pratica per tutte le installazioni a monte e a valle del forno, è una completa chiusura degli impianti in un capannone a tenuta.
In pratica si tratta di una chiusura che include più di una fase di processo.
La costruzione di questi edifici richiede ulteriori installazioni per assicurare il completo abbattimento delle polveri. I costi per gli operatori sono elevati e bisogna tenere conto che impianti di questo tipo comportano una riduzione delle emissioni diffuse all'esterno ma possono comportare

anche effetti indesiderati negli ambienti di lavoro. Come conseguenza occorre un'accurata valutazione dei costi-benefici.

Nelle figure sottostanti vengono riportate esempi di configurazioni per realizzare la captazione complessiva delle emissioni primarie e secondarie.

SISTEMI DI ASPIRAZIONE DA EAF

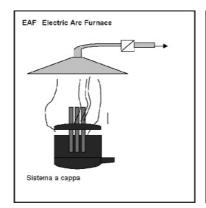
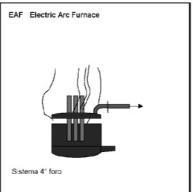
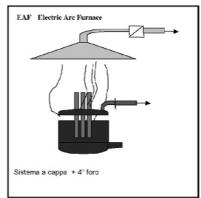
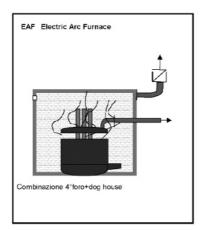
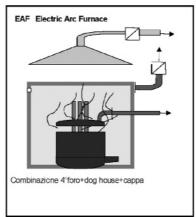
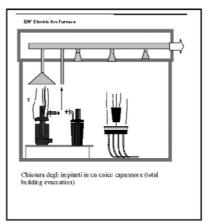
Sistema a cappa

Sistema 4° foro

Sistema a cappa + 4° foro

Combinazione 4°foro+dog house

Combinazione 4°foro+dog house+cappa

Chiusura degli impianti in un unico capannone (total building evacuation)

Assieme alle polveri , nella fase di fusione ed affinazione dell'acciaio possono svilupparsi anche dei composti organoclorurati come PCB e PCDD/F. Un certo contenimento di queste emissioni può essere effettuato con la tecnica della post – combustione, affermatasi con il miglioramento delle operazioni, specialmente l'incremento dell'uso di ossigeno e fluidi,che hanno incrementato l'ammontare dell'energia chimica nei fumi primari (CO ed H_2).

A partire dalla metà degli anni '80 sono iniziate le prove per cercare di riutilizzare la massima parte di questa energia, ma il CO e l'H_2 non vengono quasi mai completamente ossidati ed è per questo che si ricorre alla post-combustione.
La post-combustione in una camera adatta serve a portare a completa combustione CO e H_2 in modo da impedire reazioni incontrollate nell'impianto di abbattimento.
In seconda battuta la post-combustione, se correttamente sistemata, riduce l'emissione dei composti organici.

- *Scorifica e Spillaggio*

In queste operazioni si sviluppano delle emissioni di polveri (secondarie) la cui captazione è presidiata dall'impianto di aspirazione del forno dei fumi secondari (cappa e/o dog – house).
Sempre in queste operazioni si ha la raccolta della scoria, un composto di ossidi di ferro, calcio, silicio, magnesio, alluminio, manganese; la maggior parte è costituita dai primi tre e nel totale costituiscono circa l'80% di questo sottoprodotto della produzione di acciaio.
Il totale della scoria prodotta durante tutto il processo si aggira tra il 12 ed il 14% dell'acciaio liquido prodotto; di questa circa il 60-65% è quella direttamente prodotta al forno elettrico; il complemento è quello che proviene dalla metallurgia secondaria.
Nel caso della produzione di acciai inossidabili, la quantità di scoria è pari a circa il 25% dell'acciaio prodotto. Di questa circa il 35 – 40% è prodotta da EAF, la rimanente quantità proviene dalla metallurgia secondaria.

- *Metallurgia secondaria in forni di affinazione*

I fenomeni emissivi, dovuti alle reazioni che avvengono nel forno siviera, sono più controllati e circoscritti rispetto a quelli del forno fusorio. Per questo il forno siviera è dotato di un sistema di aspirazione direttamente posto sulla volta del forno per la captazione dei fumi che si sviluppano dalle reazioni metallurgiche. L'aspirazione dei fumi, la cui portata è dell'ordine di qualche decina di migliaia di m3/h, viene in genere convogliata all'impianto fumi del forno fusorio.
Diverso è il caso dell'affinazione degli acciai inossidabili, che comporta emissioni di entità paragonabile a quelle del forno elettrico; per tale motivo queste emissioni sono generalmente captate ed abbattute con sistemi indipendenti.

- *Colata continua o in fossa*

Le colate continue non sono normalmente presidiate da sistemi di aspirazione localizzati.
Solo in alcuni casi sono presenti cappe aspiranti sopra le siviere mentre più diffuso risulta sulle stesse l'impiego di polveri di copertura e/o coperchi.
Le emissioni individuate durante la fase di colata continua, sono costituite da ossidi metallici provenienti dalle siviere e paniere in fase di colaggio, dall'eventuale ossitaglio delle billette.

I fenomeni emissivi legati alla colata in fossa sono contenuti e sostanzialmente costituiti da ossidi metallici derivanti dalle attività di colaggio e dai prodotti di trascinamento delle polveri di copertura utilizzate.

- *Riscaldo siviere*

Sia in fase di primo riscaldo, che in fase di mantenimento, il riscaldo avviene con bruciatori a metano. Il primo riscaldo si caratterizza per la presenza nelle emissioni di componenti organici che

volatilizzano e sono prodotti dalla decomposizione del legante organico presente nell'impasto refrattario.
Per tale ragione le emissioni di primo riscaldo siviera, con i gas combusti, possono essere inviate ove possibile ad un recuperatore dei gas di combustione o convogliate all'impianto fumi dell'EAF, o trattate in apposito impianto.
Non risultano convogliate invece le emissioni dei successivi mantenimenti a caldo delle siviere, perché sostanzialmente costituite dai fumi di combustione dei bruciatori a metano.

- *Movimentazione, trattamento e stoccaggio scoria*

Queste attività generano un'emissione costituita dalle polveri della scoria stessa, per il contenimento delle quali vengono in genere praticate operazioni di umidificazione e pulizia dei piazzali.
Per quanto riguarda le informazioni qualitative le polveri emesse sono costituite essenzialmente da ossidi di calcio, ferro, silicio, alluminio ecc. in genere in forma di silicati, alluminati.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

- ***Carica del forno – Fusione – Scorifica e Spillaggio***

- Preriscaldo del rottame.
  Il preriscaldo del rottame, consente di recuperare il calore dei fumi prodotti durante la fusione.
  Applicando un sistema di preriscaldo del tipo descritto in A) è possibile raggiungere un risparmio di 50 kWh/t di acciaio liquido; applicazione che non può essere prescritta in generale per tutte le acciaierie del comparto, ma deve essere verificata impianto per impianto in quanto richiedono notevole disponibilità per il lay-out.
  In ogni caso occorre tenere presente, e quindi prendere gli opportuni provvedimenti, che si potrebbero avere incrementi nelle emissioni di composti organici inquinanti.

- Aspirazione delle polveri sia primarie che secondarie.
  Per impedire la diffusione nell'ambiente esterno delle polveri prodotte, in quantità variabile, durante un ciclo di fusione, le tecnologie più efficaci, come descritto in A), sono le seguenti:

  combinazione di estrazione dei fumi direttamente dal 4° o 2° foro del forno ed una cappa opportunamente dimensionata atta a raccogliere quanto sfuggito al primo sistema;
  - dog-house e cappa;
  - dog-house ed aspirazione dal 4° foro
  - sistema di aspirazione totale applicato all'edificio complessivo relativo all'acciaieria.

  Con tali sistemi è possibile ottenere un'efficienza di captazione e contenimento dei fumi primari e secondari prodotti a diverso livello piuttosto elevata, pari al 98%.
  Tale risultato, può essere esteso a tutte le acciaierie del settore con l'avvertenza che captazioni elevate non sono raggiungibili istantaneamente ma in un significativo periodo di tempo, in installazioni ben condotte e con efficaci ed efficienti sistemi di manutenzione.

- Abbattimento delle polveri captate
  La tecnologia che meglio realizza l'obiettivo di riduzione delle polveri contenute nelle emissioni è quella che adotta filtri a maniche operanti a secco, eventualmente preceduti da filtri centrifughi per l'abbattimento delle particelle a granulometria più grossolana.
  La qualità del tessuto deve essere opportunamente progettata.

Con sistemi di filtraggio di questo tipo si ottengono valori di emissione di polveri al camino con concentrazioni di 5 mg/Nm^3 per i nuovi impianti e di 15 mg/Nm^3 per gli impianti esistenti . Tali valori sono determinati come media giornaliera.

- Riduzione dei composti organoclorurati (PCDD/F e PCB in particolare) con l'uso di appropriati sistemi di post-combustione seguiti da un rapido raffreddamento oppure con insufflazione di polvere di lignite

– Ottimizzazione della post-combustione.

Oggi, questa tecnica può ridurre i composti organici come PCB o PCDD/F. A causa della rilevanza de novo synthesis di PCDD/F è importante che il raffreddamento dei fumi consenta un rapido attraversamento della fascia di temperatura caratteristica di questo fenomeno; questo può essere ottenuto ad esempio con una torre di quenching o mediante altri sistemi che garantiscano un rapido raffreddamento degli esausti.

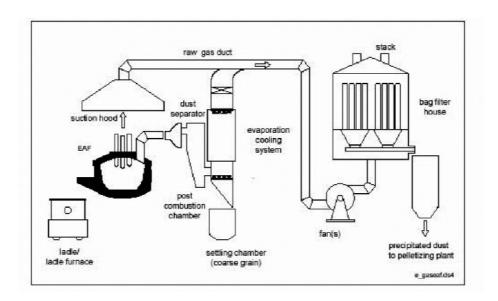
La post-combustione con l'ulteriore scopo di minimizzare i microinquinanti necessita di un tempo di ritenzione, turbolenza e temperatura sufficiente.

Se non si può introdurre una camera di combustione separata, la post-combustione può essere ottenuta nel condotto degli esausti.

Gli sviluppi più recenti prevedono camere di combustione separate con bruciatori addizionali.

I livelli di emissione raggiungibili con un rapido raffreddamento, ottenuto per diluizione o con water quenching, o mediante altri sistemi che garantiscano un rapido raffreddamento dei fumi possono essere $\leq$ 0,5 ng I-TEQ/Nm^3 in condizioni ottimali.

La riduzione di PCDD/F può essere considerato come parametro guida; ci si può aspettare che gli altri microinquinanti vengano pure distrutti.

In linea di principio tali tecniche possono essere adottate sia in impianti nuovi che esistenti ma tenendo conto per questi ultimi delle effettive circostanze specifiche, come spazio disponibile, il sistema di aspirazione etc.

Esempio di un sistema di post - combustione seguito da raffreddamento veloce

– Iniezione di polvere di lignite od altri agenti adsorbenti (carbone attivo, ecc.)

Per ridurre i microinquinanti organici negli esausti (primari e secondari) e specialmente PCDD/F si può dosare sul condotto fumi prima dei filtri una certa quantità di polvere di lignite. La quantità necessaria è di circa 100 mg di lignite/Nm^3 di esausti.

La polvere di lignite viene poi separata dal gas esausto nei filtri a maniche e smaltita con le polveri abbattute che peraltro già svolgono la funzione di adsorbire i microinquinanti condensati. Bisogna fare attenzione a scintille e possibili incendi o danneggiamenti delle maniche. L'iniezione di polvere di lignite determina rischi di incendi per cui particolare attenzione deve essere posta nel caso di adozione di tale tecnica.
Le concentrazioni raggiungibili sono ≤ 0,5 ng I-TEQ/Nm^3.

- Riduzione della quantità di rifiuti solidi.
  In linea di principio e con relative ridotte variazioni, in più o in meno in funzione della pratica operativa adottata nella conduzione del forno e del tipo di acciaio fabbricato, la produzione di scoria e polvere è quasi un'invariante. Anzi, per quanto riguarda la polvere, a parità di altre cose, lo sforzo è quello di captarne il più possibile.
  Le tecniche di riduzione sono pertanto quelle che riducono la quantità finale da destinare alla discarica. Pertanto possono essere adottate, per quanto possibile, tecniche di riciclo all'interno o all'esterno dell'acciaieria dei residui prodotti.
- Per quanto riguarda la polvere di acciaieria la quantità che viene raccolta, in funzione del tipo di acciaio prodotto e della marcia adottata dal forno, si aggira su valori compresi tra 10 e 20 Kg/t di acciaio liquido con punte sino a 25 Kg/t.
  Normalmente queste polveri sono la conseguenza della pulizia degli esausti captati e contengono una significativa quota di metalli pesanti che necessitano di attenzioni speciali in caso di lavorazioni successive o invio in discarica.
  Tralasciando l'esame dei problemi, da risolvere con opportuni trattamenti, vetrificazione esclusa, della messa a dimora in discariche, le alternative di recupero si possono classificare in tre categorie:
  - Riciclaggio delle polveri ricaricandole nel forno elettrico stesso
  - Processi piro ed idrometallurgico per recupero dello zinco e recupero o rimozione degli altri metalli pesanti
  - Processi come al punto precedente ma destinati al recupero sia dei metalli pesanti, del ferro e della scoria risultante.

In breve le caratteristiche dei processi sono:

- Riciclaggio delle polveri ricaricandole nel forno elettrico stesso
  Lo scopo è quello di arricchire le polveri come contenuto di zinco diminuendone la quantità prodotta. L'operazione ha un impatto negativo sulla conduzione del forno riducendone l'efficienza ed incrementando il consumo di energia. Il riciclaggio della polvere ed il conseguente incremento del contenuto di zinco ha un limite nel consumo di energia e nei costi operativi prima che su altri fattori.
  Per la definizione di possibili valori di miglioramento occorre tenere conto delle modalità di reiniezione della polvere che in ogni caso richiedono investimenti e costi di esercizio non trascurabili.
  E' evidente che se oltre alla riduzione della quantità si conta sul recupero di elementi di lega (è il caso delle polveri provenienti dalla produzione di acciai alto legati o inossidabili) la convenienza appare più evidente.
- Processi piro ed idrometallurgico per recupero dello zinco e recupero o rimozione degli altri metalli pesanti
  E' un processo per il recupero di metalli che per essere messi sul mercato hanno subito tutto il ciclo a partire dal minerale.
  Le possibilità sonoil processo piro ed idrometallurgico.
  Le tecniche disponibili e provate sono il processo Waelz e l'EZINEX; per il recupero degli elementi di lega esiste il processo al plasma (tipo Plasminox)

- Processi come al punto precedente ma destinati al recupero sia dei metalli pesanti, del ferro e della scoria risultante.
  Si tratta di un processo sperimentato(brevettato) ma non ancora passato alla fare realizzativa in quanto i suoi economics non sono ancora soddisfacenti.
  In pratica una miscela di polvere,carbone ed altri additivi viene iniettata in un forno, di taglia adatta alle necessità,ma comunque diverso dall'EAF specifico anche se può essere collegato in linea con il sistema di captazione ed abbattimento polveri.
  L'iniezione viene fatta tramite lance raffreddate in un bagno di scoria preventivamente fusa; l'apporto di energia viene attraverso un elettrodo.
  La post .- combustione del gas di processo mediante l'insufflazione di ossigeno fornisce il calore necessario allo svolgimento del processo stesso. Se si aumenta il quantitativo di carbone, od altro combustibile, si può giungere al mantenimento del processo con sola energia chimica. Il ciclo può essere continuo; il risultato delle operazioni è :
    - fase metallica (ghisa) ricaricabile al forno elettrico
    - polvere molto ricca in ossido di zinco (oltre l'85%) da usare come carica in processi di fabbricazione di zinco metallico.
    - scoria inerte.

– Per quanto riguarda la scoria proveniente direttamente dal forno elettrico, dopo la deferrizzazione, può essere riutilizzata per le sue buone caratteristiche meccaniche e resistenza agli agenti atmosferici.
  La tecnica consigliata per il recupero è quella prevista nel decreto sul riutilizzo dei rifiuti non pericolosi. Nell'applicazione di questa tecnica deve però essere revisionata la prova di eluizione prevista per il recupero di massa.

- Per il raffreddamento del forno, prevedere un sistema ad acqua a circuito chiuso

- *Colata Continua*

L'acqua è usata per il raffreddamento sia delle apparecchiature che del prodotto in uscita dalle colate continue.
Queste possono operare a circuito chiuso se dotate di opportuni impianti di trattamento acque, usualmente utilizzati anche per gli impianti di laminazione. Il consumo di acqua è limitato al reintegro delle perdite per evaporazione, smaltimento fanghi, etc.
La tecnica di cui sopra va supportata con un sistema di controllo e regolazione della qualità dell'acqua in termini di alcalinità, conduttività e corrosività.

E' evidente che il circuito chiuso richiede energia elettrica addizionale per il pompaggio dell'acqua.

4.4 La laminazione a caldo

Di seguito vengono riportate le migliori tecniche per gli impianti di laminazione a caldo di metalli ferrosi, i cui principali aspetti ambientalmente rilevanti riguardano:

- le emissioni in atmosfera dal processo di riscaldo, laminazione e trattamento superficiale;
- il trattamento delle acque di processo, contenenti principalmente olio e solidi.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

1. Condizionamento del semilavorato

I semilavorati (bramme, blumi e billette) provenienti sia da processi discontinui (colata in lingotti) che da processi continui (colata continua), possono presentare discontinuità sulla superficie del materiale. Alcuni di questi difetti possono essere pregiudizievoli al raggiungimento della qualità richiesta sul prodotto finale e quindi vanno asportati.

I sistemi per asportare i difetti in superficie sono essenzialmente di due tipi:

- abrasione mediante molatura;
- asportazione mediante fusione (scarfatura): i difetti superficiali sono rimossi tramite l'utilizzo di una fiamma che fonde ed ossida la superficie dei semilavorati.

In entrambi i casi il condizionamento del semilavorato può avvenire con sistemi manuali o con un macchinario fisso.
La scelta di utilizzare sistemi a freddo (molatura) od a caldo (fusione mediante scarfatura) è legata al tipo di materiale: generalmente per gli acciai inox e gli acciai speciali, per i quali non è possibile la rimozione termica dei difetti superficiali, si utilizza la molatura, mentre per gli acciai al carbonio si utilizza la scarfatura.
Il miglioramento della qualità superficiale dei prodotti colati riduce la necessità di bonifica superficiale del semilavorato.

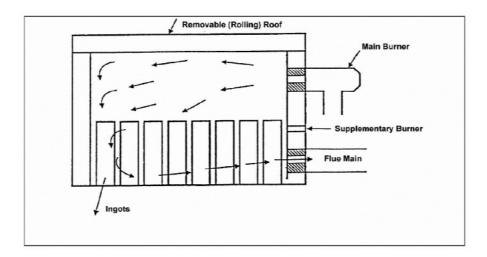
Le principali emissioni in atmosfera, peraltro limitate, che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono le polveri che derivano dalle attività di molatura e scarfatura.

2. Riscaldo del semilavorato

Il processo di riscaldo persegue i seguenti obiettivi:

- rendere il materiale più facilmente deformabile;
- garantire che la laminazione a caldo avvenga alle temperature di processo richieste in tutte le sue fasi;
- permettere la solubilizzazione, dove necessario, di elementi specifici all'interno della matrice austenitica.

Gli impianti di riscaldo possono essere di tipo discontinuo o continuo ed il calore necessario può essere fornito attraverso la combustione di combustibili quali olio combustibile, gas di cokeria, gas naturale, etc.

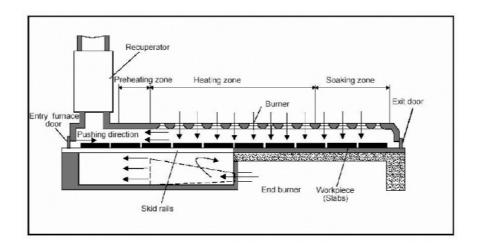
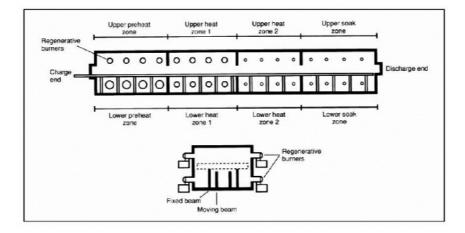
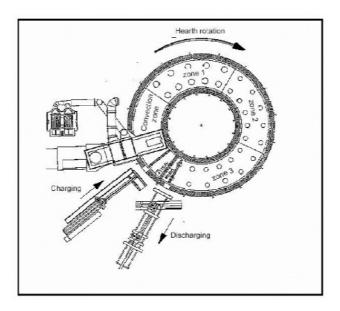
Gli impianti di tipo discontinuo sono solitamente forni a pozzo in cui vengono alloggiate bramme, lingotti o altro materiale che permangono sino al completamento del ciclo termico impostato (riscaldo o mantenimento alla temperatura idonea per la laminazione.

Forno a pozzo

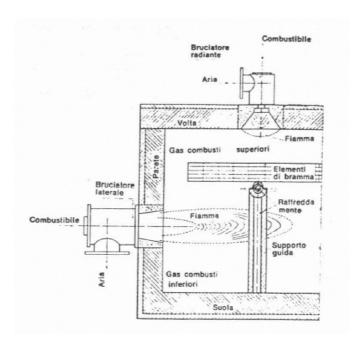
La maggior parte degli impianti di produzione di laminati piani, lunghi e tubi senza saldatura utilizza invece forni continui nei quali il semilavorato viene spostato all'interno del forno mentre viene riscaldato.

In funzione della geometria del forno e dal sistema mediante il quale viene spostato il semilavorato si hanno le seguenti tipologie di forni continui:

- forni a spinta: ciascun pezzo introdotto spinge i precedenti, in modo che all'infornamento di un semilavorato freddo corrisponde lo sfornamento di un semilavorato caldo;
- forni a "walking beam": l'avanzamento nel forno dei semilavorati avviene mediante un sistema di guide mobili e fisse disposte nel senso della lunghezza del forno; le guide mobili, ad intervalli regolari sollevano e trascinano in avanti tutti i pezzi posti in un forno ad una certa distanza gli uni dagli altri;
- forni a suola rotante: il forno è circolare e la suola (base) ruota, i semilavorati sono disposti come mozzi di una ruota;
- forni a rulli (il semilavorato è mosso da speciali rulli coibentati e raffreddati interni al forno), utilizzati nelle colate continue sottili.

In funzione del tipo di riscaldo, i forni continui possono essere:

- forni a riscaldo unilaterale (il riscaldo avviene attraverso la sola superficie superiore del semilavorato)
- forni a riscaldo bilaterale (il riscaldo avviene attraverso la superficie superiore ed inferiore del semilavorato)
- forni a riscaldo misto (nella lunghezza del forno una parte è a riscaldo bilaterale , una parte è a riscaldo unilaterale)

Forno a spinta

Forno "walking beam"

Forno a suola ruotante

Il controllo di temperatura e combustione all'interno dei forni continui è organizzato in funzione delle dimensioni e della tipologia del forno. Normalmente i forni continui, avendo la lunghezza come dimensione dominante, sono organizzati in zone di controllo della combustione nel senso della lunghezza del forno, ma, se di tipo bilaterale, anche per posizione del riscaldo e per forni larghi anche nel senso della larghezza.
Nella figura seguente sono riportati gli elementi fondamentali dello scambio termico nei forni di riscaldo continui:

Elementi fondamentali dello scambio termico nei forni di riscaldo

Tra le tipologie di bruciatori superiori vi sono quelli di tipo radiante i quali consentono una distribuzione di temperatura uniforme all'interno dei forni, unitamente ad una elevata efficienza termica. I bruciatori radianti sono atti ad essere installati in una volta piana e la combustione avviene completamente all'interno di una coppa, in materiale altamente refrattario; lo scambio termico con il materiale da riscaldare avviene per irraggiamento.
Il riscaldamento laterale, per i forni continui per i quali è previsto, generalmente è realizzato con bruciatori a fiamma lunga disposti lungo le pareti laterali.
I sistemi di supporto e movimentazione dei semilavorati all'interno dei forni di riscaldo continui possono essere raffreddati a vapore o acqua oppure essere in solo refrattario e materiali isolanti.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante tale fase di processo sono quelle che derivano dal processo di combustione di combustibili per il riscaldo dei forni (principalmente NOx ed SOx).

3. Discagliatura

Durante il riscaldamento all'interno dei forni si formano, sulla superficie del materiale, scaglie (fondamentalmente costituite da ossidi di ferro) che devono essere rimosse per evitare che lascino impronte sulla superficie del materiale durante la laminazione. La rimozione delle scaglie può essere di tipo meccanico (rottura meccanica della scaglia tramite una lieve laminazione) oppure può avvenire spruzzando acqua ad alta pressione sulla superficie del materiale.
La discagliatura, oltre che all'ingresso del treno sbozzatore, può essere effettuata anche in altri punti dell'impianto di laminazione, ad es. all'ingresso del treno finitore (per rimuovere la scaglia secondaria, ossia quella formatasi durante il trasferimento del materiale sulla tavola a rulli dal treno sbozzatore al treno finitore).

Dalla fase di discagliatura derivano dei reflui contenenti principalmente solidi (scaglie).

4. Laminazione

Esistono molti tipi di treni di laminazione, ciascuno dei quali è progettato specificatamente per un determinato tipo di prodotto da laminare.
Il modo più appropriato di classificare i treni di laminazione è quello di definirli attraverso il prodotto finale ottenuto:

- Treno per nastri: per la laminazione a caldo di bramme in nastri
- Treno per lamiere: per la laminazione a caldo di bramme in lamiere
- Treno per barre: per la laminazione a caldo di blumi o billette in barre
- Treno per tondi (vergella): per la laminazione a caldo di blumi o billette in tondi (vergella)
- Treno per profilati: per la laminazione a caldo di blumi in profilati.

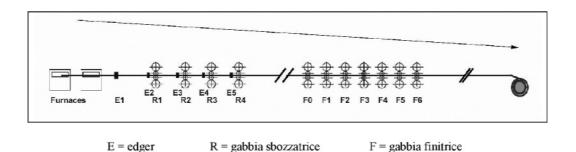
Un treno di laminazione è costituito da una serie di gabbie di laminazione, ciascuna delle quali contiene, all'interno di un telaio, i cilindri di laminazione ed i relativi azionamenti per la regolazione della distanza tra i cilindri e quindi della deformazione da impartire al materiale.
Le gabbie di laminazione possono essere di tipo continuo (il materiale passa una sola volta) o di tipo reversibile (il materiale passa più volte, invertendo il senso di avanzamento).
Le gabbie di laminazione possono possedere più tipi di cilindri: i cilindri di lavoro (sempre presenti) ed i cilindri di appoggio. I cilindri di lavoro sono quelli che deformano il materiale, mentre la

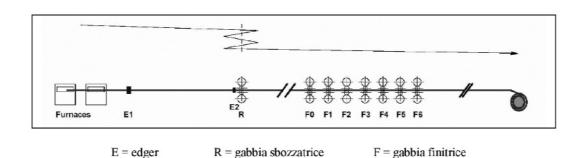
funzione dei cilindri di appoggio è fondamentalmente quella di evitare l'incurvatura dei cilindri di lavoro nella laminazione delle bramme.

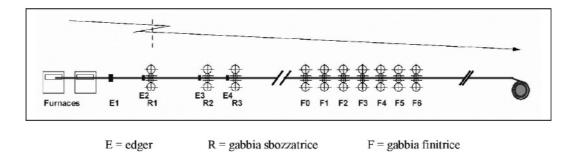
Laminatoi per nastri

La bramma riscaldata alla temperatura di laminazione nei forni di riscaldo, dopo la fase di discagliatura, viene laminata nel treno sbozzatore, dove subisce una prima riduzione di spessore. Si ottiene una "barra di trasferimento" con spessori di circa 20-50 mm.
La sbozzatura può includere anche una riduzione di larghezza; infatti, poichè le bramme prodotte dalla colata continua hanno certe larghezze definite, può essere necessario ridurne la larghezza per avvicinarla a quella del nastro che si vuole ottenere, in modo da ridurre gli scarti e migliorare la resa. Questa riduzione può avvenire nei così detti edgers (gabbie di laminazione verticali) posizionati davanti alle gabbie sbozzatrici e/o attraverso l'utilizzo di una pressa posizionata prima del treno sbozzatore.

La laminazione al treno sbozzatore può essere effettuata utilizzando un treno continuo oppure una sola gabbia reversibile (invertendo il verso di rotazione) oppure una configurazione mista.

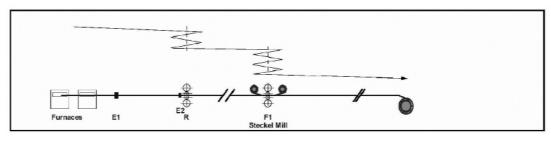
E = edger R = gabbia sbozzatrice F = gabbia finitrice

Configurazione tipica di un laminatoio a caldo per nastri continuo

E = edger R = gabbia sbozzatrice F = gabbia finitrice

Configurazione tipica di un laminatoio a caldo per nastri semi-continuo

E = edger R = gabbia sbozzatrice F = gabbia finitrice

Configurazione tipica di un laminatoio a caldo per nastri ¾ continuo

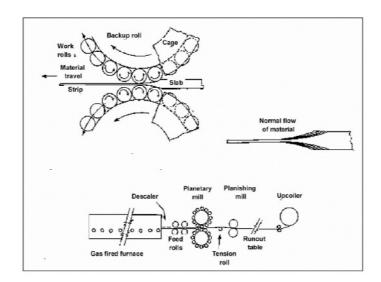
Il materiale sbozzato (barra di trasferimento) è generalmente inviato al treno finitore attraverso una via a rulli intermedia.
Nel treno finitore avviene la riduzione finale di spessore; un treno finitore è solitamente composto da più gabbie poste una dopo l'altra ed aventi le aperture dei cilindri tali che la riduzione di spessore avviene con un unico passaggio della barra di trasferimento.
Prima di entrare nel treno finitore, la barra di trasferimento viene tagliata attraverso una cesoia per eliminare le estremità che possono avere forma non regolare. Questo consente sia di ottenere un ingresso più sicuro nel treno finitore (minore rischio di danneggiamento dei cilindri) sia di ridurre la generazione di scarti.
La laminazione a temperatura controllata in un treno finitore (che comprende il raffreddamento controllato del nastro all'uscita della tavola a rulli) fornisce al nastro le caratteristiche finali richieste (durezza, tenacità, etc.).
Il nastro laminato a caldo viene avvolto in un coil, utilizzando degli aspi avvolgitori.
I nastri laminati a caldo per i quali non è previsto il successivo processo di laminazione a freddo, possono avere la necessità di essere condizionati a seconda dell'utilizzo a cui sono destinati. La finitura dei coils può includere la spianatura, la rifilatura dei bordi, il taglio longitudinale in bande più sottili ed il taglio in fogli.

Treno nastri

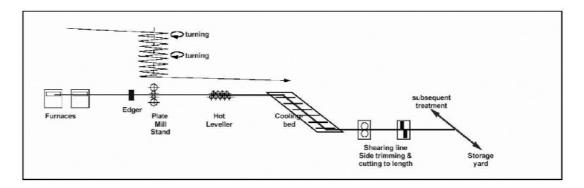
I laminatoi Steckel rappresentano un modo speciale per la produzione di nastri nella zona finitore. Il materiale viene lavorato attraverso una laminazione di tipo reversibile in una gabbia finitrice.

E = edger R = gabbia sbozzatrice F = gabbia finitrice

Configurazione tipica di un laminatoio Steckel

Per ridurre a livelli ragionevoli le perdite termiche durante il processo di laminazione al finitore e per maneggiare più facilmente il nastro (relativamente lungo) si utilizzano degli avvolgitori riscaldati ad entrambi i lati della gabbia di laminazione (gabbia finitrice), dove il materiale laminato è stoccato temporaneamente.

I laminatoi Planetario (Sendzimir) di questo tipo sono caratterizzati dall'utilizzo di particolari configurazioni dei cilindri di laminazione: si utilizzano cilindri di appoggio che guidano i cilindri di lavoro in modo che la superficie di questi ultimi si muove in una direzione opposta a quella del pezzo da lavorare.

Laminatoio planetario

Laminatoi per lamiere

La produzione è realizzata tramite laminazione reversibile utilizzando o un'unica gabbia di laminazione o due gabbie di laminazione (una sbozzatrice ed una finitrice).
Dopo la laminazione, le lamiere sono posizionate su un letto di raffreddamento e raffreddate a temperatura ambiente o temperature idonee per i trattamenti successivi.

Configurazione tipica di un laminatoio a caldo per lamiere

In casi particolari il prodotto laminato è trattato termicamente attraverso sistemi di raffreddamento ad acqua immediatamente dopo la laminazione a caldo.
Prima o dopo il letto di raffreddamento le lamiere possono essere spianate per conferire al prodotto idonee caratteristiche di planarità.
Dopo il letto di raffreddamento, si effettua la finitura delle lamiere (taglio, rifilatura bordi, riduzione alla lunghezza desiderata).
Dopo la finitura, alcuni prodotti possono essere soggetti a trattamento termico (ad es. ricottura, ricottura sferoidale, distensione, normalizzazione, tempra e rinvenimento).

Inoltre attraverso un processo di laminazione a caldo possono essere ottenuti prodotti speciali multi-strato (placcati) costituiti da uno strato interno di acciaio al carbonio e strati esterni superficiali aventi particolari caratteristiche di resistenza alla corrosione.

Laminatoi per barre

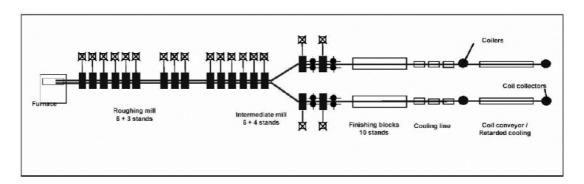
Le barre laminate a caldo comprendono fondamentalmente due tipi di prodotti in acciaio:

- barre commerciali con sezioni trasversali di vario tipo (tonde, quadrate, rettangolari, esagonali, ottagonali, semitonde, ad L, a T, a Z, ad I, etc.)
- barre di rinforzo del calcestruzzo (re-bars), con sezione tonda (da 6 a 56 mm di diametro) e con nervature sulla superficie.

I laminatoi per barre sono in genere laminatoi a singolo elemento, costituiti da un treno sbozzatore, un treno intermedio ed un treno finitore seguiti da cesoie che tagliano il prodotto laminato in barre lunghe, che sono quindi trasportate su letti di raffreddamento. I laminatoi possono essere continui o aperti.

Dopo il raffreddamento, le barre sono tagliate alle lunghezze commerciali e possono essere raddrizzate a freddo tramite una raddizzatrice.
Spesso le barre di rinforzo per calcestruzzo sono trattate termicamente in linea attraverso un raffreddamento ad acqua intensivo per ottenere un elevato carico di snervamento e di rottura. Un modo diverso per aumentare il carico di snervamento e di rottura consiste in un trattamento meccanico dopo il raffreddamento: le barre sono deformate a freddo fino ad ottenere il carico di rottura desiderato.

Laminatoi per vergella

La vergella è un prodotto in genere di sezione circolare con un diametro compreso tra 5 e 16 mm. Utilizzando cilindri con scanalatura di forma adeguata, si possono ottenere sezioni più grosse e sezioni di forme differenti (ad es. ovale, quadrata, esagonale, ottagonale, etc).
La vergella laminata a caldo di solito è utilizzata per essere ulteriormente processata o tramite trafilatura a freddo o tramite laminazione a freddo.

Esempio di laminatoio a caldo per vergella (a due elementi)

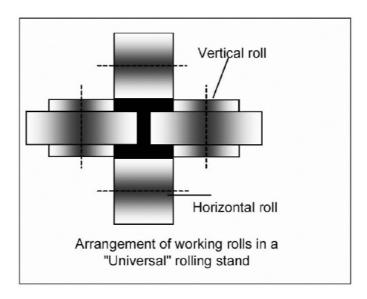
Le billette alimentate ai laminatoi per tondi sono riscaldate alla temperatura di laminazione in forni del tipo a spinta o del tipo "walking beam".
Tra l'uscita dei forni e la prima gabbia di laminazione si può effettuare una discagliatura.
I laminatoi per tondi sono composti da un treno sbozzatore, un treno intermedio ed un treno finitore.
La sezione di sbozzatura e quella intermedia possono essere a più elementi, mentre la sezione di finitura è di solito a singolo elemento.
Tra le varie sezioni del laminatoio sono installate delle cesoie utilizzate per impartire un taglio "pulito", in modo da migliorare l'introduzione nelle gabbie di laminazione successive. Le cesoie sono utilizzate anche per tagliare il materiale impegnato nel processo di laminazione in caso di incidente a valle nel laminatoio.
La vergella può subire un trattamento termico in linea che consiste in un raffreddamento ad acqua posizionato tra le gabbie finali di laminazione e gli avvolgitori. Inoltre, dopo l'avvolgimento, la vergella, poggiata su trasportatori, subisce un raffreddamento ad aria.

Laminatoi per profilati

Come la maggior parte degli altri tipi di laminatoi, i laminatoi per profilati sono composti da gabbie sbozzatrici, gabbie intermedie e gabbie finitrici, generalmente precedute da una discagliatrice installata tra i forni di riscaldo ed il treno sbozzatore.
Le gabbie sbozzatrici sono in genere di tipo reversibile. I cilindri possono avere una serie di profili, che sono utilizzati in sequenza. Il cilindro superiore può essere mosso verticalmente al fine di ridurre progressivamente l'apertura tra i cilindri e pertanto ridurre la sezione di passaggio nei reversibili.

In genere tra le varie sezioni del laminatoio sono installate delle cesoie a caldo, utilizzate per impartire un taglio "pulito", in modo da migliorare l'introduzione nelle gabbie di laminazione successive.

All'uscita del treno finitore, il profilato viene diviso nella lunghezza del letto di raffreddamento o nelle lunghezze commerciali tramite cesoie.
Dopo i letti di raffreddamento il prodotto è raddrizzato a freddo tramite raddizzatrici meccaniche o idrauliche ed è tagliato alla lunghezza richiesta tramite sistemi meccanici (cesoie, segatrici, ecc..).

Per ottenere i vari profili richiesti si utilizzano o gabbie con due cilindri scanalati, o gabbie "universali" costituite da due cilindri orizzontali e due cilindri verticali.

Gabbie universali

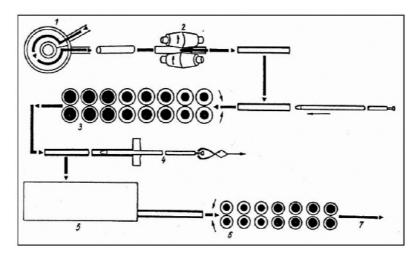
Il controllo della geometria è di estrema importanza nella laminazione di profilati, poiché per i profilati laminati a caldo di solito sono richieste tolleranze piuttosto strette e si utilizzano strumenti di misura basati su tecniche sofisticate.

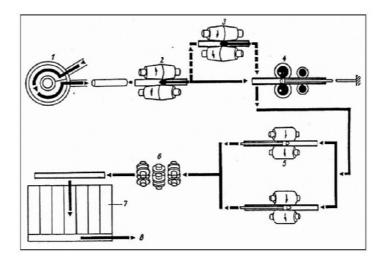
I layout dei laminatoi per profilati variano enormemente a seconda del tipo di profilato da produrre.

Laminatoi per tubi senza saldatura

La produzione dei tubi senza saldatura può essere realizzata utilizzando processi differenti ed è costituita fondamentalmente dalle seguenti fasi:

- riscaldamento del materiale in ingresso
- perforazione (perforazione per pressione o laminazione obliqua)
- allungamento/stiramento
- laminazione finale
- trattamento termico

Le tipologie più importanti di impianti attualmente utilizzati sono i laminatoi a mandrino, i laminatoi a spina, i laminatoi a passo di pellegrino ed i laminatoi con banco a spinta; la denominazione di questi impianti deriva dal nome del laminatoio sbozzatore.
Le figure seguenti mostrano alcune configurazioni tipiche di laminatoi per tubi:

1. Forno a suola rotante
2. Perforazione
3. Laminatoio a mandrino
4. Estrattore
5. Forno di riscaldo
6. Stiramento
7. Al letto di raffreddamento ed alla finitura

Laminatoio a mandrino

1. Forno a suola rotante
2. Perforazione
3. Allungamento
4. Laminatoio a spina
5. Reeler
6. Laminazione alla dimensione finale
7. Letto di raffreddamento
8. Finitura

Laminatoio a spina

La materia prima per la produzione di tubi d'acciaio non legati e medio-legati è costituita da billette o blumi tondi ottenuti dalla colata continua, sebbene a volte si possono utilizzare billette con sezione trasversale quadrata. La materia prima per gli acciai al cromo alto-legati sono fondamentalmente barre tonde, laminate da billette colate.
Il materiale in ingresso è riscaldato alla temperatura di laminazione in forni a suola ruotante, alimentati con gas naturale o olio combustibile.
Successivamente si ottiene una billetta cava tramite perforazione. Il processo di perforazione più importante utilizza cilindri inclinati: la cavità è prodotta attraverso due cilindri inclinati che ruotano nella stessa direzione, in modo che il materiale è laminato con un movimento a vite su una spina perforatrice.

Per la fase di allungamento si utilizzano la laminazione longitudinale, la laminazione trasversale o presse. Il processo più importante è quello di laminazione dei tubi in continuo, in quanto è uno dei più produttivi e dei più efficienti.

Alcune gabbie di laminazione sono utilizzate contemporaneamente (di solito 6-8 gabbie per gruppo), ad un angolo di 90° tra di loro. La riduzione dello spessore della parete ha luogo tra i cilindri ed un mandrino cilindrico lubrificato.

La laminazione alla dimensione finale è effettuata senza un mandrino interno nei laminatoi calibratori o nei laminatoi di stiramento.
I laminatoi calibratori hanno 2-10 gabbie e possono avere 2 o 3 cilindri per gabbia; poiché si riduce la circonferenza, aumenta lo spessore della parete.
Nei laminatoi di stiramento, che di solito hanno tre cilindri per gabbia e fino a 30 gabbie, si evita un aumento dello spessore della parete, in quanto si applicano forze di trazione tra le gabbie durante il processo.

I tubi destinati ad applicazioni che non richiedono speciali caratteristiche meccaniche, non sono sottoposti a trattamenti successivi. Se è richiesta una maggiore qualità, in particolar modo una

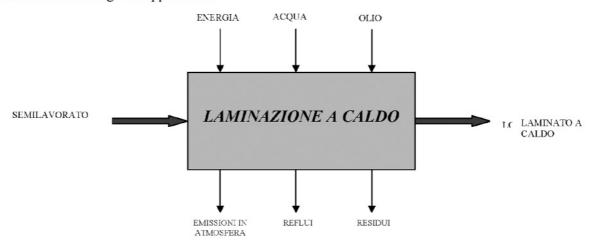
buona tenacità, dopo la laminazione si effettua un trattamento termico separato che può includere normalizzazione e rinvenimento.

I cilindri di lavoro nel processo di laminazione a caldo sono gli utensili mediante i quali viene applicato lo sforzo di deformazione al laminato; di conseguenza a questo loro utilizzo, essi sono soggetti a sollecitazioni di natura meccanica e termica che comportano modifiche della forma e della superficie dei cilindri stessi. L'entità di queste usure cambia in funzione sia delle caratteristiche (dimensioni e materiale) del cilindro stesso sia delle caratteristiche di lavorazione (riduzione, velocità e temperatura) che il cilindro effettua sul materiale.
I cilindri di laminazione sono normalmente riutilizzabili dopo ricondizionamento, sia delle superfici che di alcune dimensioni, che dei sistemi di supporto (anelli, cuscinetti, guarniture, etc.).
I cilindri dei treni di laminazione sono condizionati in base a specifiche ben definite, a seconda del prodotto da laminare. Il condizionamento dei cilindri è effettuato nella torneria cilindri, in cui in genere si svolgono le seguenti operazioni:

- raffreddamento: i cilindri di lavoro sono raffreddati in atmosfera o con spruzzi d'acqua;
- preparazione: le guarniture, i cuscinetti, i supporti sono eventualmente smontati e messi a punto;
- pulizia: i cilindri da condizionare sono puliti da depositi e lubrificanti;
- condizionamento: i macchinari tipici utilizzati sono i torni, le rettificatrici e le mole.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di laminazione a caldo sono costituite dalle polveri che possono provenire dalle gabbie di laminazione; queste emissioni dipendono ampiamente dalla velocità di laminazione e dall'area superficiale del prodotto.
Inoltre da tale fase di processo si generano dei reflui, contenenti principalmente olio e scaglie.

Bilancio complessivo di materia ed energia

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla laminazione a caldo è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali residui nel normale esercizio sono costituiti dalle scaglie di laminazione, residui oleosi, rottame, polveri derivanti dai sistemi di depurazione a secco che vengono, sin dove possibile, riciclati. Altri residui quali ad esempio refrattari a fine ciclo, fanghi derivanti dal trattamento acque, utensili da taglio esauriti, ecc.… vengono smaltiti e, ove possibile, riciclati.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. *Condizionamento del semilavorato*

- Adozione delle seguenti tecniche alla scarfatura tramite macchinario fisso:
  - sistema di captazione delle emissioni e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto o elettrofiltro a secco o ad umido (nel caso di fumi molto umidi).
    Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
    - concentrazione di polveri dopo abbattimento:
      - con filtro a tessuto : ≤ 20 mg/Nmc
      - con elettrofiltro a secco o ad umido : 20÷50 mg/Nmc
  - trattamento delle acque derivanti dalla filtrazione ad umido per la separazione dei solidi.

- Adozione di un sistema fisso di captazione delle emissioni che si verificano durante la molatura e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  - concentrazione di polveri dopo abbattimento: ≤ 20 mg/Nmc

Le suddette tecniche sono applicabili ai nuovi impianti con macchinario fisso e non sono applicabili per operazioni manuali di scarfatura e/o molatura.

2. *Riscaldo del semilavorato*

Per i nuovi forni di riscaldo, in fase progettuale, possono essere considerate una combinazione delle seguenti tecniche:

- Adozione di idonee misure costruttive volte ad incrementare la durata del materiale refrattario, riducendone la possibilità di danneggiamento.

- Adozione, per i forni a marcia discontinua, di refrattari a bassa massa termica in modo da ridurre le perdite legate all'accumulo di energia ed i tempi necessari per l'avviamento del forno.

- Riduzione delle sezioni di passaggio dei materiali in ingresso ed in uscita dal forno (riduzione apertura porte, adozione di porte multi-segmento, etc), in modo da ridurre le perdite energetiche dovute alla fuoriuscita dei fumi e l'ingresso di aria esterna nel forno.
  La riduzione dell'apertura porte, ossia il mantenimento di una minima apertura delle porte necessaria per il caricamento del materiale da riscaldare, può essere operata anche sugli impianti esistenti.

- Adozione di misure (ad es. supporti a bassa dissipazione di temperatura detti "cavalieri", guide inclinate nei forni a longheroni, sistemi di compensazione) per ridurre fenomeni di raffreddamento localizzato sulla base del materiale in riscaldo (skid marks), dovuti al contatto del materiale stesso con i sistemi di supporto all'interno del forno.

- Adozione di un sistema di controllo della combustione.
  In particolare, il controllo del rapporto aria/combustibile è necessario per regolare la qualità della combustione, poiché assicura la stabilità della fiamma ed una combustione completa. Inoltre più il rapporto aria/combustibile è vicino a quello stechiometrico, più il combustibile è sfruttato in modo efficiente e più sono basse le perdite energetiche nei fumi.
  Un sistema di controllo della combustione può essere applicabile anche agli impianti esistenti.

- Scelta del tipo di combustibile per il riscaldo dei forni (in funzione della disponibilità) ai fini della riduzione delle emissioni di SO_2.
  In un ciclo integrato possono essere utilizzati i gas di recupero siderurgici (gas di cokeria, gas di altoforno, gas di acciaieria), a volte miscelati con gas naturale. Nel caso di utilizzo del gas di cokeria, quest'ultimo può essere sottoposto, ove possibile, ad un processo di desolforazione presso gli impianti di produzione (cokerie).
  I combustibili liquidi sono in particolare utilizzati in caso di indisponibilità dei combustibili gassosi.

  A seconda del combustibile utilizzato, le emissioni convogliate in atmosfera raggiungibili di SO_2 sono:

- Gas naturale	$SO_2 \leq 100$ mg/Nmc
- Miscele di gas di recupero siderurgici con gas naturale	$SO_2 \leq 400$ mg/Nmc
- Olio combustibile ($S \leq 1\%$)	$SO_2 \leq 1700$ mg/Nmc

- Adozione di bruciatori radianti sulla volta del forno, che per effetto della veloce dissipazione dell'energia, producono livelli emissivi di NOx più bassi.

- Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).
  I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx.
  I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione, che potenzialmente possono determinare una riduzione delle emissioni di NOx di circa il 65% rispetto ai bruciatori convenzionali.
  Sugli impianti esistenti risulterebbe possibile convertire i bruciatori convenzionali in bruciatori a basso NOx modificando i diffusori.
  I forni di riscaldo non funzionano in condizioni stabili durante l'avviamento e lo spegnimento; durante queste fasi, i livelli emissivi possono aumentare, così come pure quando i bruciatori operano a portate inferiori a quelle di targa (in funzione dell'apporto calorico richiesto).
  Il preriscaldo dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.

Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:

- emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell'aria comburente:

Temperatura di preriscaldo aria comburente	NOx (mg/Nmc) – 3%O_2
< 200 °C	< 400
300 °C	fino a 450
400 °C	fino a 600
500 °C	fino a 800
700 °C	fino a 1500
800 °C	fino a 2300
900 °C	fino a 3500
1000 °C	fino a 5300

La tecnica di denitrificazione dei fumi tramite sistema SCR (in cui gli NOx vengono ridotti cataliticamente, per mezzo di ammoniaca, in N_2 ed H_2O) o sistema SNCR (in cui la riduzione degli NOx avviene a temperature più elevate, senza l'aiuto di un catalizzatore), è raramente applicata ed inoltre presenta notevoli problemi in quanto:

- non è un sistema integrato col processo;
- si ha un aumento dei consumi energetici, in quanto i fumi, per consentire le operazioni di conversione degli ossidi di azoto, devono essere rilasciati e/o riscaldati ad una temperatura di 300-400°C per il sistema SCR e ad una temperatura di 850-1100°C per il sistema SNCR;
- il trasporto e lo stoccaggio dell'ammoniaca introduce rischi aggiuntivi dal punto di vista ambientale e per la sicurezza;
- è necessario sostituire periodicamente il catalizzatore nel sistema SCR con evidenti riflessi sotto il profilo ambientale ed economico;
- sul catalizzatore (nel sistema SCR) viene a formarsi il nitrato di ammonio (NH_4NO_3) che ha caratteristiche esplosive e determina, unitamente al particolato, un decadimento dell'efficienza di conversione;
- si hanno problemi di efficienza di riduzione degli NOx in particolare su forni in cui la produttività ed i profili di temperatura non sono stabili;
- sono necessarie specifiche condizioni di temperatura e flusso volumetrico dei fumi, che non sempre possono essere raggiunti dagli impianti;
- l'ammoniaca in eccesso trascinata dal reattore può reagire con gli ossidi di zolfo contenuti nei fumi di combustione, portando alla formazione di particelle di solfato o bisolfato di ammonio, che possono provocare fouling, erosione e corrosione delle superfici degli impianti;
- l'installazione è difficoltosa per problemi di lay-out;
- i costi di esercizio ed installazione sono elevati.

• Recupero del calore dei fumi di combustione per preriscaldare all'interno dei forni continui, attraverso una zona di preriscaldo, il materiale caricato nei forni.
In fase progettuale, può essere prevista all'interno del forno una zona di preriscaldo del materiale caricato, in modo da assicurare un adeguato recupero di calore dai fumi di combustione.

- Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.
  I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.
  Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente fino a 600°C.
  Con l'utilizzo di sistemi recuperativi si possono ottenere risparmi energetici di circa il 25 % e riduzioni potenziali delle emissioni specifiche di NOx fino al 30% (50% in combinazione con i bruciatori low-NOx).

  I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.
  Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).
  I sistemi rigenerativi possono essere, in particolare, utilizzati in forni discontinui, in quanto generalmente non sono dotati di una zona di preriscaldo.
  Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.
  I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).
  Con l'utilizzo dei bruciatori rigenerativi si possono ottenere risparmi energetici del 40 – 50 % e riduzioni potenziali delle emissioni specifiche di NOx fino al 50%.

  In alternativa e ove vi è la necessità di vapore per il laminatoio a caldo, può essere possibile che il calore recuperato dai fumi di combustione sia utilizzato per la produzione di vapore o altro.

- Adozione della carica calda o della laminazione diretta.

  In tal modo può essere sfruttato il contenuto termico residuo dei prodotti semilavorati provenienti dalla colata continua, caricandoli ancora caldi nei forni di riscaldo, riducendo i tempi di stoccaggio del materiale e/o intervenendo, ove possibile, sull'isolamento del materiale, che comunque comporta notevoli problemi nella gestione degli stoccaggi e ne penalizza pesantemente la capacità, tale da rendere impraticabile la sua applicazione.
  La laminazione diretta, rispetto alla carica calda, prevede temperature di infornamento più elevate.
  L'applicabilità di queste tecniche è possibile per i nuovi stabilimenti in quanto è strettamente legata al layout degli impianti, dal momento che è indispensabile avere gli spazi necessari e che la colata continua ed i forni di riscaldo siano vicini.
  Inoltre queste tecniche possono essere applicate solo se la qualità superficiale è tale da non richiedere il condizionamento del semilavorato e solo se i programmi produttivi tra la colata continua e l'impianto di laminazione a caldo possono essere adeguatamente coordinati.

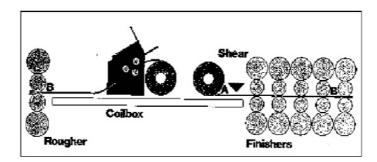
3. *Discagliatura*

- Riduzione dei consumi di acqua tramite l'utilizzo di sensori che determinano quando il materiale entra o esce dall'impianto di discagliatura; in questo modo le valvole dell'acqua vengono aperte quando è effettivamente necessario ed il volume d'acqua è quindi adattato alla necessità.

4. *Laminazione*

- Adozione di una delle seguenti tecniche per ridurre le perdite energetiche durante il trasporto del materiale dal treno sbozzatore al treno finitore:

  - utilizzo del Coil Box (e del Coil Recovery Furnace).

    Nel Coil Box, il prodotto intermedio che esce dal treno sbozzatore viene avvolto in un coil, che successivamente viene posizionato su un dispositivo di svolgimento, svolto ed inviato al treno finitore.
    Nel caso di brevi rallentamenti della linea a valle del Coil Box, il coil può rimanere in attesa per un tempo maggiore; inoltre nel caso di interruzioni lunghe il coil può essere conservato nei cosiddetti forni di recupero del calore "Coil Recovery Furnace", dove viene ripristinata la temperatura di laminazione.

Coil Box

L'utilizzo del Coil Box, che consente una distribuzione di temperatura lungo la barra di trasferimento più uniforme e che implica l'utilizzo di carichi minori per la laminazione al treno finitore, determina tuttavia un fabbisogno aggiuntivo di energia legato alle fasi di avvolgimento e svolgimento del coil e di riscaldo nel Coil Recovery Furnace. La riduzione dei consumi energetici è minore nel confronto con impianti di laminazione in cui il tempo di esposizione all'aria della barra di trasferimento non è elevato.
L'utilizzo del Coil Box può portare un peggioramento della qualità del prodotto per effetto di un aumento dei difetti superficiali ed inoltre possono esserci effetti di riduzione della capacità produttiva del laminatoio.
Questa tecnica può essere applicata ai laminatoi semicontinui per la produzione di nastri e se le condizioni impiantistiche e di prodotto lo permettono.

  - utilizzo degli scudi termici sulle tavole di trasferimento.

    La tavola a rulli di trasferimento dal treno sbozzatore al treno finitore può essere equipaggiata ove possibile con scudi termici per ridurre le perdite di temperatura del materiale mentre è trasportato e per diminuire la differenza di temperatura tra la testa e la coda del materiale in ingresso al treno finitore.

Tuttavia gli scudi termici comportano un rischio più elevato di difetti superficiali, in quanto viene favorita la formazione di scaglie a seguito della temperatura più elevata a cui viene mantenuta la barra di trasferimento; inoltre gli scudi termici comportano costi di gestione molto elevati, in quanto possono essere danneggiati facilmente dalle barre di trasferimento incurvate.
Inoltre per gli impianti esistenti l'utilizzo di scudi termici non risulterebbe possibile in quanto le tavole a rulli esistenti potrebbero non sopportare le maggiori temperature ed inoltre la riduzione dei consumi energetici non giustifica gli elevati costi di installazione e gestione.
L'utilizzo di scudi termici non è possibile ove, per motivi metallurgici, sono richieste temperature più basse al treno finitore.

- Adozione di una delle tecniche seguenti, per la riduzione delle emissioni di polveri durante la laminazione nel treno finitore:

  – spruzzaggio d'acqua alle gabbie finitrici con trattamento delle acque al sistema di depurazione delle acque di laminazione. Tale sistema permette di abbattere alla fonte le eventuali emissioni di polveri.

  – sistema di captazione dell'aeriforme alle gabbie del treno finitore (in particolare le ultime gabbie) con depolverazione tramite filtri a tessuto. Per aeriformi particolarmente umidi, in alternativa ai filtri a tessuto, può essere adottato un sistema di abbattimento ad umido.
    Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:
    – emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: ≤ 20 mg/Nmc

  Nei laminatoi che operano a bassa velocità e/o con aree superficiali del prodotto ridotte, le emissioni sono già limitate, e quindi non è necessaria l'adozione dei suddetti sistemi di abbattimento.

- Adozione di un sistema di captazione e depolverazione mediante filtri a tessuto per la riduzione delle emissioni di polveri che possono derivare dalla spianatura dei nastri.
  Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
  – emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: ≤ 20 mg/Nmc

- Adozione delle seguenti tecniche relative alla tornerie cilindri:
  - utilizzo di sgrassatori a base d'acqua, fin quando è tecnicamente accettabile in funzione del grado di pulizia richiesto; nel caso di utilizzo di solventi organici, sono da preferire quelli privi di cloro;
  - trattamento, ove possibile, dei fanghi di molatura tramite separazione magnetica, per recuperare le particelle metalliche e consentirne il successivo avvio a riciclo/recupero;
  - smaltimento appropriato dei rifiuti derivanti dalle lavorazioni (ad es. grasso rimosso dai cuscinetti, mole consumate, residui di molatura, cilindri di laminazione consumati, etc.);
  - trattamento degli effluenti liquidi (provenienti dai raffreddamenti, dagli sgrassaggi, dalla molatura) negli impianti di trattamento dell'acqua previsti per la laminazione a caldo.

- Adozione delle seguenti tecniche relative al trattamento acque:

  - riduzione del consumo e dello scarico dell'acqua utilizzando, per quanto possibile, circuiti a ricircolo (rapporti di ricircolo superiori al 95% sono raggiungibili);

  - trattamento delle acque di processo contenenti scaglie ed olio e riduzione dell'inquinamento negli effluenti utilizzando una combinazione appropriata di singole unità di trattamento, come ad esempio fosse scaglie, vasche di sedimentazione, filtri, torri di raffreddamento.
    Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti:
    - concentrazioni allo scarico dopo trattamento:
      solidi sospesi: ≤ 20 mg/l
      olio: ≤ 5 mg/l
      Fe: ≤ 10 mg/l
      Cr_{tot}: ≤ 0.2mg/l (≤ 0.5 mg/l, per gli acciai legati ed inossidabili)
      Ni: ≤ 0.2 mg/l (≤ 0.5 mg/l, per gli acciai legati ed inossidabili)
      Zn: ≤ 2 mg/l

  - adozione delle seguenti misure per prevenire l'inquinamento delle acque da parte di idrocarburi:
    - accurata manutenzione di tenute, guarnizioni, pompe, ecc…;
    - utilizzo di idonei cuscinetti per i cilindri di lavoro e di appoggio ed adozione di indicatori di perdite sul sistema di lubrificazione.
    - raccolta e trattamento delle acque di drenaggio;

  - riciclo nel processo siderurgico o vendita per altri riutilizzi delle scaglie di laminazione derivanti dagli impianti di trattamento dell'acqua;

  - disidratazione ed idoneo smaltimento dei fanghi oleosi;

  - utilizzo di sistemi di raffreddamento ad acqua separati e funzionanti in circuiti chiusi.

4.5 La zincatura a caldo

4.5.1 Processo Discontinuo

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

Per ciascuno degli stadi del processo vengono di seguito descritte le attività con le implicazioni di natura ambientale per cui applicare le B.A.T ai fini della prevenzione integrata dell'inquinamento.

1. Preparazione - I manufatti in acciaio vengono ispezionati al fine di garantire che siano adatti alla zincatura. I manufatti vengono appesi ad attrezzature e traverse per mezzo di ganci o legacci d'acciaio. Bulloni e minuterie sono caricati entro appositi contenitori perforati.

2. Sgrassaggio – L'eliminazione degli oli (refrigeranti, antiossidanti, lubrificanti) e grassi, deposti sulla superficie durante la produzione e l'assemblaggio dei manufatti in acciaio, si ottiene comunemente usando bagni di sgrassaggio alcalini o acidi.

   I bagni di sgrassaggio alcalini contengono idrossido di sodio, carbonati, fosfati, silicati, tensioattivi superficiali che rimuovono l'olio dalla superficie del metallo attraverso l'emulsione. Le emulsioni non stabili risultanti galleggiano sulla superficie del bagno da cui possono essere agevolmente rimosse con azioni meccaniche o tramite separatori gravitazionali. La concentrazione, la temperatura del bagno e il tempo di immersione dei pezzi determinano l'efficienza del bagno di sgrassaggio. Il normale intervallo di temperature di esercizio per bagni di sgrassaggio riscaldati indirettamente è 30 - 70°C. I bagni possono avere diversa composizione. Indicativamente possono consistere di una soluzione di idrossido di sodio 1 - 10% con l'aggiunta di altri reagenti alcalini come soda, silicato di sodio, fosfati alcalini condensati e borace, nonché specifici tensioattivi, agenti di emulsione e di dispersione. A questo trattamento segue un lavaggio per evitare il trascinamento di sostanze alcaline all'interno dei bagni di decapaggio acidi. In tal caso infatti gli agenti di sgrassaggio potrebbero abbreviare la vita del bagno di decapaggio e ridurne il tempo di riutilizzo.

   I bagni di sgrassaggio acidi sono ottenuti a partire da acidi inorganici forti (come l'acido cloridrico e/o l'acido fosforico) diluiti con additivi, emulsionanti ed inibitori della corrosione. Gli agenti dello sgrassaggio acido formano di solito emulsioni di olio stabile che possono creare qualche difficoltà nella manutenzione del bagno per la loro scrematura e separazione. C'è tuttavia un vantaggio consistente nella possibilità di omissione del successivo step di lavaggio con conseguente riduzione del consumo idrico.

   L'energia necessaria per portare il riscaldamento dei bagni alla temperatura di esercizio proviene da olio combustibile o da gas, a seconda delle condizioni locali di ogni impianto. In molti casi i sistemi di sgrassaggio vengono riscaldati tramite il recupero di calore esausto o da scambio di calore.

   Lo sgrassaggio produce rifiuti chimici sotto forma di fluidi esausti e fanghi. La quantità di liquami esausti prodotti dallo sgrassaggio dipende dalla quantità di acciaio sottoposto a processo di sgrassaggio, e dal grado di inquinamento. La durata massima di attività della soluzione sgrassante è di solito di circa 1-2 anni ed, in taluni casi particolari, è riportato possa superare i 5 anni.

   I bagni di sgrassaggio contengono, durante il loro esercizio, grassi ed oli liberi ed emulsionati.

I bagni di sgrassaggio esausti vengono sottoposti a trattamenti fisicie chimici in situ o da ditte specializzate nello smaltimento di tali rifiuti. L'emulsione viene separata in una fase ricca di olio ed in una povera di olio. La parte acquosa a basso contenuto di olio viene ulteriormente trattata, mentre quella ricca di olio deve essere smaltita secondo le vigenti normative sullo smaltimento di tali rifiuti.

I fusti di sostanze prime per lo sgrassaggio sono ricevuti e stoccati secondo le direttive dei produttori.

3. Decapaggio – Il decapaggio in acido serve a rimuovere incrostazioni, ossidi e ruggine presenti sui i pezzi da sottoporre a zincatura. Il più utilizzato è l'acido cloridrico diluito, ma è possibile anche l'uso di altri acidi inorganici come l'acido solforico e, in casi particolari, l'acido fluoridrico. Un impianto di zincatura di solito comprende una serie di bagni di decapaggio con concentrazione di acido variabile.
L'acido cloridrico normalmente viene acquistato in soluzione al 28 - 33% circa e diluito fino ai 12 -16%. Per prevenire un decapaggio eccessivo dei pezzi d'acciaio e per proteggere le vasche, si aggiungono inibitori di decapaggio al bagno che diminuiscono l'aggressività nei confronti del metallo. Sono in uso presso alcuni impianti anche inibitori di evaporazione.
Durante l'esercizio delle vasche il contenuto di ferro del bagno di decapaggio aumenta mentre la quantità di acido libero diminuisce, rendendo necessario il rabbocco occasionale del bagno attraverso l'aggiunta di acido fresco. Il cloruro di ferro bivalente ha una solubilità limitata in acido cloridrico. Il decapaggio diviene impossibile in presenza di concentrazioni eccessive di $FeCl_2$, ma di solito il bagno di decapaggio viene sostituito o rigenerato prima di raggiungere questa condizione. Sono possibili soluzioni impiantistiche in cui lo sgrassaggio ed il decapaggio sono combinati in un'unica vasca. Questa pratica è totalmente distinta dal caso di operatori che sgrassano articoli con depositi d'olio meno pesanti nella vasca di decapaggio, saltando lo sgrassaggio. Ciò non può essere considerato ecologicamente compatibile dal momento che può condurre a tempi di decapaggio prolungati, volumi più grandi dei bagni conferiti a rifiuto per tonnellata di prodotto e consumo maggiore di zinco.
Il decapaggio presso l'impianto con pretrattamento aperto viene di solito effettuato a temperatura ambiente. Il consumo medio dell'acido in un decapaggio a temperatura ambiente è di circa 20kg per tonnellate di prodotto, ma è molto variabile in funzione delle condizioni superficiali dell'acciaio: un range realistico è 10-40 kg/ton.

Emissioni gassose e vapori dell'agente di decapaggio possono essere originate dai pezzi sottoposti a decapaggio e dai bagni di decapaggio in rapporto alla concentrazione e alla temperatura del bagno. L'estrazione (ad esempio l'estrazione a bordo vasca), o l' abbattimento con lo scrubber non vengono utilizzati, poiché la ventilazione generale dell'impianto mantiene la concentrazione nell'aria di HCl nel luogo di lavoro al di sotto dei limiti consentiti.

Ci sono alcuni impianti con pretrattamento chiuso che operano a temperature dell'acido più elevate (fino a circa 40°C). L'uso di questi sistemi riscaldati rende possibili tempi di trattamento minori e richiedono una minore quantità di acido. Inoltre, innalzando la temperatura del bagno di decapaggio, si può renderne possibile l'uso a concentrazioni relativamente alte di $FeCl_2$ ad esempio 175-200 g/l con il bagno a 35°C. Uno svantaggio è dato dal fatto che le emissioni e vapori generati dalle vasche di acido sono maggiori in termini relativi e, quindi, sono raccolti e, in alcuni casi, purificati da apparecchiature di abbattimento adeguate.

Le sostanze chimiche utilizzate come materie prime sono ricevute in contenitori di plastica o in fusti (per gli additivi), o vengono scaricate da autocisterne. Vengono stoccate secondo le direttive dei produttori.

I consumi di energia durante il processo di decapaggio, originati dal funzionamento di apparecchiature ausiliarie, come pompe e gru, possono essere considerati trascurabili.

Sono rifiuti generati nel decapaggio i liquidi di decapaggio esausto e i fanghi . I liquidi di decapaggio esausto sono composti di acido libero, cloruro di ferro (fino a 140/170 g Fe/t), cloruro di zinco, elementi di superficie dell'acciaio decapato e, talvolta inibitori di decapaggio. Dove lo strippaggio ed il decapaggio sono effettuati nello stesso bagno, si genera un liquido misto di decapaggio con alto contenuto di zinco e ferro. Se lo sgrassaggio è combinato con il decapaggio sono presenti oli liberi ed emulsionati.

4. Lavaggio - Il lavaggio è uno step molto importante nel processo di zincatura dal momento che prolunga la vita dei bagni di trattamento successivi, riduce la produzione di rifiuti e incrementa il riutilizzo dei sottoprodotti. Dopo lo sgrassaggio ed il decapaggio, l'acciaio assemblato viene dunque lavato-immerso in bagni d'acqua, che talvolta vengono riscaldati. L'acqua per il lavaggio può essere usata per preparare bagni freschi di lavaggio o decapaggio, come modo di riciclare acqua e ridurre lo spurgo.
   A valle di queste fasi si può ancora avere un certo trascinamento di fluidi verso la vasca di flussaggio. Questo può essere causato sia dalle procedure con cui il materiale è traslato da un bagno all'altro (per esempio, uno scarso tempo di gocciolamento determina un trascinamento maggiore), sia dalle caratteristiche geometriche che possono determinare una maggiore o minore predisposizione a trattenere fluidi. Il trascinamento di acido e sali di ferro dal decapaggio all'interno dei bagni di flussaggio e oltre ancora fino alla vasca di zincatura, incrementa sia la generazione di zinco duro (matte) che il consumo di zinco.

5. Flussaggio – l'azione del flussaggio consiste sia nell'abbassare la tensione superficiale dello zinco liquido favorendo la bagnabilità della superficie dell'acciaio con lo zinco fuso e la reazione di formazione dello strato, sia di consentire un ulteriore decapaggio e la protezione dall'ossidazione che potrebbe causarsi prima dell' immersione nello zinco fuso.

   Ci sono due diverse soluzioni tecnologiche:
   - nella "zincatura a secco " l'acciaio viene immerso in una vasca contenente gli agenti di flussaggio (una soluzione acquosa contenente cloruro di zinco, cloruro di ammonio e Sali composti di zinco ed ammonio). La zincatura a secco prevede necessariamente la fase successiva di essiccazione e preriscaldamento;
   - nella "zincatura ad umido" gli stessi agenti di flussaggio formano uno strato di sale fuso, più o meno spesso, galleggiante sulla superficie del bagno di zincatura. Le parti in acciaio da zincare vengono fatte passare attraverso lo strato di flussante all'interno del bagno di zinco. Ad immersione ultimata (dopo la reazione metallurgica dello zinco con il ferro) lo strato di sale fuso viene spostato dalla superficie del bagno e raccolto da un lato per mezzo di palette, per permette l'estrazione dal bagno di zinco senza ulteriore contatto con il flussante. In questo caso non è necessario eseguire una fase di essiccazione e preriscaldamento.

   Durante l'immersione nello zinco fuso, a temperature superiori a 200°C, il cloruro di ammonio nel flussante si decompone in NH_3 e HCL, che produce un effetto di decapaggio aggiuntivo.

   Nella zincatura a secco la vasca di flussaggio viene mantenuta alla temperatura di 25-50°C. . L'energia necessaria per riscaldare il bagno di flussaggio si ottiene, in genere, recuperando il calore dai fumi di combustione del forno di zincatura.

Le concentrazioni tipiche del bagno sono: $ZnCl_2$ 150 - 300g/l, NH_4Cl 150 - 300 g/l, densità 1,15 -1,30 g/ml, ferro disciolto < 2 g/l.

Il valore del pH dei bagni di flusso è normalmente portato approssimativamente a 4,5 per assicurare la precipitazione degli ioni ferro come idrossido di ferro trivalente. Il pH del bagno di flussaggio può comunque variare tra 1 e 5.

La concentrazione totale di sali di flussaggio (la somma di cloruro di zinco e cloruro di ammonio) e il rapporto tra cloruro di zinco e cloruro di ammonio sono entrambi molto importanti. Il cloruro di ammonio in un buon bagno di flussaggio, spesso rappresenta il 40 - 60% del sale di flussaggio. Il cloruro di ammonio assicura una veloce essiccazione ed una migliore rimozione degli ossidi di ferro dalla superficie dei pezzi, però provoca anche più fumo, ceneri e matte durante il processo di rivestimento. Quando il pretrattamento dei manufatti è insufficiente occorre una maggiore quantità di cloruro di ammonio. Il cloruro di zinco impedisce l'ossidazione della superficie dei pezzi. Questo è particolarmente importante quando il tempo di essiccazione è lungo. I bagni possono contenere anche cloruro di potassio, con un'azione di riduzione dei fumi in fase di immersione dell'acciaio nello zinco fuso.

Complessivamente, la concentrazione e la composizione del flussante non è stabilita univocamente, ma deve essere adattata alle circostanze (alle tipologie di materiale e alle esigenze dell'impianto) per l'ottenimento di una zincatura di qualità.

Il contenuto di ferro nel flussante è estremamente importante per il controllo del processo ed ha notevoli risvolti in termini di economia e ambiente. Un'alta concentrazione di ferro nel flussante (originata dal trascinamento dai bagni di decapaggio) influenza anche la qualità del rivestimento di zinco e determina un aumento della produzione di sottoprodotti.

Le emissioni in aria dai bagni di flussaggio sono considerate trascurabili, dal momento che il bagno non contiene composti volatili, e la principale emissione è vapore acqueo. Il rifiuto dell'operazione di flussaggio è formato da liquidi di flussaggio esausti e fanghi.

I bagni di flussaggio che non vengono continuamente rigenerati, aumentano il loro contenuto di acidità e ferro durante l'utilizzo. Un riciclaggio discontinuo o continuo di soluzione di flussaggio è una pratica comune per ottenere il mantenimento di un pH ottimale e la separazione del Fe. In alcuni casi la soluzione usata viene conferita al produttore di flussante regolarmente per la rigenerazione.

L'alternativa zincatura ad umido costituisce un processo in passato utilizzato molto più frequentemente. È inadatto ad ottenere alti rendimenti produttivi ma rende possibile la zincatura di pezzi di forma particolare che nel processo a secco non sono trattabili.

6. <u>Essiccazione e preriscaldamento</u> - L'ulteriore essiccazione viene ottenuta in forni di essiccazione. I gas esausti provenienti dalla vasca di zincatura possono essere talvolta un'utile fonte indiretta di calore per il forno, anche se spesso si usano bruciatori supplementari.

   L'essiccazione completa del manufatto permette di ridurre gli spruzzi ed le eiezioni di metallo, nel momento in cui il manufatto viene immerso nel bagno di zinco, un beneficio che si incrementa se il manufatto trattiene il calore dopo essere uscito dall'essiccatore come preriscaldamento.

7. Zincatura (rivestimento con metallo fuso) - I manufatti di acciaio sottoposti a flussaggio vengono lentamente immersi nel bagno di zinco fuso. È possibile la presenza di alliganti nel bagno di zincatura con funzione di aggiunte tecnologiche effettuate per migliorare la qualità estetica, per effettuare un controllo dello spessore in relazione alla crescita ed uniformità dello strato e, in taluni casi, per migliorare la resistenza alla corrosione dello strato.

   L'acciaio reagisce con lo zinco formando un rivestimento consistente in una serie di strati di leghe ferro-zinco sovrastata da uno strato di zinco puro, quando le parti vengono ritirate dal bagno. Il tempo di immersione varia da qualche minuto per manufatti d'acciaio relativamente poco spessi, fino a 15 minuti per le parti strutturali più spessi. Alcuni manufatti di forma particolare possono richiedere tempi di immersione più lunghi.

   Lo zinco fuso ha una temperatura di 440-460°C. Per applicazioni speciali il bagno di zincatura può essere gestito a temperature più elevate, giungendo all' utilizzo di vasche di ceramica, invece di vasche in acciaio. Un piccolo numero di impianti eseguono questa "zincatura ad elevate temperature", con vasche ceramiche che consentono al bagno di zinco di essere gestito alle temperature più elevate, di solito circa 530°C. Questo processo viene richiesto nel trattamento di alcune categorie di acciai e di alcuni tipi specifici di componenti.

   Le dimensioni delle vasche variano notevolmente a seconda delle esigenze del mercato e del tipo di manufatti trattati.

   Le vasche, inserite nel forno, si trovano a livello della pavimentazione o sottostante; esse vengono riscaldate dall'esterno, comunemente da bruciatori a gas o a gasolio. Si usa un riscaldamento con bruciatori ad immersione o con riscaldatori a cappa quando la temperatura dello zinco è superiore a 460°C con vasche ceramiche.

   Il bagno di zinco di solito contiene anche una piccolissima quantità di altri metalli che sono impurità dello zinco immesso o sono aggiunti come alliganti. Una composizione di riferimento del bagno può essere (ma esistono molte variazioni da impianto ad impianto):

   zinco ≥ 98.0 % in peso
   piombo 1.0 % in peso
   ferro 0.03 % in peso
   alluminio 0.002 % in peso
   cadmio 0.02 % in peso
   tracce di altri metalli (ad esempio stagno o rame).

   L'allumino ed il piombo sono aggiunti per la loro influenza sullo spessore e sull'aspetto esteriore del rivestimento. Talvolta si riscontra l'utilizzo di piccole quantità di nickel (0.04 - 0.06% in peso) per ottenere un aspetto più brillante e un più agevole controllo dello spessore dello strato di zincatura in caso di acciai fortemente reattivi. L'aggiunta di piombo influenza le caratteristiche fisiche dello zinco, in particolar modo la viscosità e la tensione superficiale. Ciò aiuta a bagnare l'acciaio prima della zincatura e a far defluire lo zinco dalla superficie dopo la zincatura. Il piombo può essere anche utilizzato per proteggere la vasca. In questa caso, lo zinco fuso galleggia su di uno strato di piombo fuso sul fondo della vasca. Lo stagno dà fluidità al bagno e viene a volte aggiunto al bagno in quantità maggiori (fino allo 0.5% od oltre) per ottenere particolari qualità estetiche del rivestimento di zincatura. Si può anche riscontrare la presenza di bismuto come agente di fluidificazione del bagno.

Nel caso in cui siano utilizzate vasche d'acciaio, è importante che il materiale della vasca (di solito acciaio a basso contenuto di carbonio) venga scelto correttamente al fine di ridurre gli effetti degli attacchi dello zinco, e che sia costruita per resistere agli elevati carichi idrostatici e agli stress termici generati durante il riscaldamento alle temperature di esercizio.

La temperatura di sublimazione del cloruro di ammonio, un componente del flussaggio, è inferiore alla temperatura del bagno di zinco, e questo, assieme ad altre reazioni che si verificano, provoca fumi durante l'immersione. Per l'estrazione dei fumi le vasche di zincatura sono normalmente contenute in cabine ad aspirazione forzata, o equipaggiate con sistemi di estrazione a bordo vasca. Il flusso aspirato può essere purificato tramite filtri a tessuto. In tal caso, la polvere precipitata viene raccolta e mandata fuori per il recupero di sostanze riutilizzabili, ad esempio come flussanti. Alcuni zincatori applicano scrubber [torri di lavaggio] ed utilizzano lo scarico dello scrubber per integrare la soluzione flussante.

Bulloni e piccoli componenti vengono raccolti in un cestello perforato d'acciaio, che viene immerso nello zinco fuso secondo il medesimo procedimento. Dopo l'estrazione il cesto viene posizionato all'interno di una centrifuga. Il rivestimento di zinco in eccesso viene rimosso per mezzo della forza centrifuga. I componenti così zincati vengono tolti dal cesto e raffreddati.

La principale materia prima del processo di zincatura è naturalmente lo zinco metallico usato per il rivestimento. Il consumo totale medio di zinco per una ton di acciaio zincato è 70 Kg circa. Questo costituisce un riferimento molto grossolano, dal momento che il rapporto tra peso dello zinco e peso dell'acciaio varia notevolmente al variare dello spessore dell'acciaio rivestito. Notevole è anche l'effetto della reattività dell'acciaio (che è per lo più in relazione con il contenuto in Silicio e Fosforo dell'acciaio), per cui lo stesso spessore di substrato può provocare consumi molto variabili di zinco. Quantità estremamente alte o basse di consumo possono essere attribuite anche alla forma dell'acciaio assemblato e alla qualità del rivestimento. Il consumo di zinco è ovviamente proporzionale alla superficie rivestita e allo spessore del rivestimento.

La vasca di zincatura è una delle fonti di emissioni nell'aria. Le emissioni avvengono principalmente durante l'immersione dei manufatti. A seconda dei flussanti, le emissioni comprendono prodotti di sublimazione e vaporizzazione estremamente fini, che includono ioni cloro, ammonio e zinco, così come i composti ossido di zinco, cloruro di zinco (in minima quantità) e cloruro di ammonio. Il tipo e la quantità delle emissioni dipende dal consumo di flussante, dalla composizione del flussante e da altri fattori determinati dagli articoli da zincare (il tipo, il numero, la qualità della superficie), e il loro pretrattamento (sgrassaggio, decapaggio, lavaggio e essiccatura). Alcune fonti riportano che la dimensione delle particelle igroscopiche è molto piccola, per la maggior parte minore di 1 μm , mentre altri riportano che la media dimensione delle particelle è 30 μm, e solo circa il 5% è inferiore al μm.

Secondo alcune ricerche recentemente completate sulla distribuzione delle dimensioni delle particelle emesse in aria dal bagno di zincatura non vi è alcun rischio per la salute degli operatori di zincheria per le dimensioni e la massa del particolato. La ricerca mostra che l'esposizione del personale è di bassa entità se si guarda alla massa totale, specialmente nel caso di flussanti a bassa emissione di fumi o a fumi ridotti. Inoltre la ricerca mostra che la massa delle particelle piccole (>1 μm) è la stessa sia per il flussaggi normali che per i flussaggi a basso fumo. Dunque non vi è alcuna preoccupazione per la salute sia per differenti tipi di flusso, che per la dimensione del particolato sospeso in aria.

In letteratura non sono riportati grossi motivi di preoccupazione riguardo alla salute delle maestranze.

L'ammontare di polvere emessa è strettamente correlato al consumo di agente di flussaggio.

I fumi vengono abbattuti mediante filtri a tessuto che danno luogo alla polvere filtrata. In alternativa, vengono sottoposti ad abbattimento in torri di lavaggio (scrubber), dando luogo a fluido acquoso che viene normalmente trattato. In aggiunta alla polvere, può avere luogo l'emissione di piccoli volumi di sostanze volatili, come acido cloridrico e cloruro di ammonio, provenienti dalla decomposizione dell'agente di flusso e dalla ricombinazione del cloruro di ammonio come particolato sospeso in aria. Inoltre lo sfruttamento dei combustibili per il riscaldamento del forno di zincatura comporta emissioni di prodotti di combustione come la CO_2; nell' utilizzo di gasolio ci possono essere emissioni di CO, NO_X, ed SO_X.

I ventilatori e bruciatori per la combustione possono produrre rumore.

Durante l'immersione si generano sottoprodotti solidi contenenti zinco come le matte, le schiumature e gli spruzzi.

Lo zinco duro (o matte) si produce nel bagno di zinco durante l'esercizio e viene causato dalla reazione dello zinco stesso con il ferro dei manufatti zincati, delle pareti della vasca e dalla reazione del ferro trascinato dal decapaggio e dal flussaggio. A causa della loro densità elevata, le matte si raccolgono sul fondo della vasca da dove vengono periodicamente rimosse. Il loro contenuto di zinco è elevato (95 - 98%). Non comportando, per il loro riutilizzo nell'industria di produzione dell'ossido di zinco, la necessità di alcun trattamento ausiliario ed essendo individuate e descritte dalla normativa UNI sui rottami di zinco, le matte sono considerate materia prima secondaria.

Le schiumature (povere) di zinco (dette anche ceneri da zincatura a caldo) si formano per la reazione tra lo zinco e l'ossigeno dell'aria e tra lo zinco ed il flussante. Consistono soprattutto di ossido di zinco e cloruro di zinco con parti di ossido di alluminio se l'alluminio è usato come alligante nel bagno metallico. Avendo una densità più bassa del bagno di zincatura, le schiumature galleggiano sulla superficie e vengono schiumate prima di estrarre i manufatti immersi, di solito trascinando una certa quantità di zinco. Il contenuto di zinco, quindi, varia dal 40 al 70% e può essere recuperato direttamente in fabbrica o si può optare per il conferimento a ditte specializzate all'esterno per un riutilizzo nell'industria dello zinco secondario.

Di tanto in tanto piccole quantità di zinco vengono emesse dalla vasca sotto forma di spruzzi, risultato dell'emissione di vapore dalla superficie dei pezzi lavorati. Tali quantità aderiscono ai dispositivi di estrazione dei fumi (se presenti) dai quali vengono rimossi per il recupero del loro contenuto metallico. Lo zinco spruzzato può essere direttamente re-immesso nel bagno di zincatura o inviato all'esterno per il recupero.

8. Finitura - Dopo l'estrazione dei manufatti in acciaio dal bagno di zinco, lo zinco in eccesso viene rimosso colpendo o, in alcuni casi, scuotendo i manufatti. I manufatti vengono poi raffreddati e ispezionati. Le piccole imperfezioni della superficie vengono riparate ed i manufatti vengono sganciati e preparati per la spedizione. Dopo l'immersione a caldo, alcuni prodotti in acciaio vengono raffreddati in acqua. Il consumo relativo di acqua arriva a 10 l/t di acciaio zincato. L'acqua evapora parzialmente, il resto è riutilizzato per la preparazione dei bagni di processo. Come protezione contro la ruggine bianca, i prodotti possono essere rivestiti di sostanze sigillanti o passivanti.

In taluni casi si procede al raffreddamento dei pezzi zincati in acqua, con consumi fino a 10 l/t.

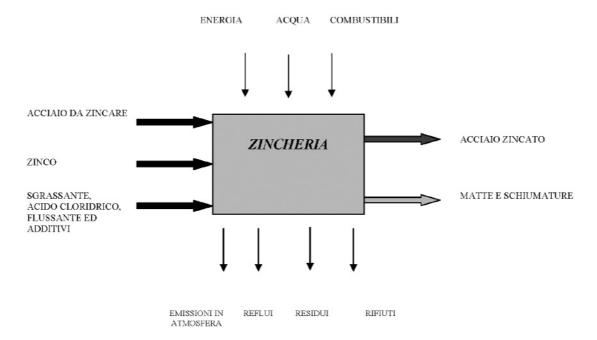
9. Strippaggio o dezincatura - Talvolta è necessario pulire le apparecchiature di sostegno dei manufatti d'acciaio dallo zinco depositato su di essi o rimuovere i rivestimenti malriusciti dei manufatti di acciaio stessi. Questa operazione viene comunemente effettuata mediante immersione in acido di decapaggio diluito.

   L'operazione di strippaggio attraverso acido cloridrico genera rifiuti acidi, ma con una composizione differente da quella originata nel decapaggio. Se lo strippaggio è effettuato in un bagno acido distinto dai bagni di decapaggio, si genera cloruro di zinco relativamente non contaminato dal cloruro di ferro. Questa soluzione può essere riciclata per la rigenerazione del bagno di flussaggio.

   Quando il decapaggio e lo strippaggio vengono effettuati nella stessa vasca, si creano liquidi di decapaggio che contengono cloruro di ferro e di zinco. Alcuni zincatori hanno in esercizio bagni separati di decapaggio e strippaggio perché nel loro ambiente tecnico ed economico questo favorisce il riciclaggio dello zinco contenuto in esse. Il liquido di strippaggio esausto può essere trattato per il recupero dello zinco sia sul posto che mandato all'esterno presso terzi. In alcuni casi il liquido di strippaggio esausto viene mandato per neutralizzazione e smaltimento presso terzi.

   Le soluzioni contenenti cloruro di ferro e cloruro di zinco da bagni combinati di decapaggio e strippaggio, possono essere utilizzate nell'industria dei fertilizzanti, sebbene si debba prestare attenzione all'aggiunta di zinco nei terreni agricoli e non superare i livelli consentiti.

Bilancio complessivo di materia ed energia

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla zincheria è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali sottoprodotti nel normale esercizio sono costituiti da schiumature povere di zinco e matte prodotte durante l'immersione dell'acciaio nel bagno di zincatura. I principali residui sono costituiti dai fanghi derivanti dai sistemi di trattamento dei bagni di sgrassaggio, decapaggio, lavaggio e flussaggio e da polveri e fanghi derivanti dai sistemi di abbattimento a filtri di stoffa o torri di lavaggio (scrubber). Altri residui sono quelli derivanti da attività di manutenzione quali ad esempio refrattari a fine ciclo, rottame, ecc o legacci di acciaio (filo di ferro rottame) che unitamente ai precedenti, vengono avviati a riciclo, ove possibile, e la parte rimanente viene invece ad essere smaltita.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

Di seguito, per ogni stadio del processo, vengono riportate le BAT – Migliori Tecniche Disponibili per la Zincatura Generale a Caldo, proposte a livello comunitario.

1. *Sgrassaggio*

Per le operazioni di sgrassaggio negli impianti di zincatura discontinua, le tecniche seguenti vengono considerate BAT:

- Installazione di uno *step* di sgrassaggio, a meno che i manufatti non siano completamente privi di grasso, cosa molto rara nella zincatura conto terzi.

- Processi di bagno ottimali per migliorarne l'efficienza, ad es. tramite agitazione.

Si possono utilizzare misure generali per controllare l'esercizio del bagno di sgrassaggio, al fine di ottimizzare tale attività, attraverso monitoraggi discontinui dei parametri del bagno, come la temperatura e la concentrazione dell'agente di sgrassaggio.
Inoltre l'efficienza dello sgrassaggio può essere migliorata incrementando il contatto tra liquido e manufatto da sottoporre a zincatura, per esempio movimentando il manufatto stesso in vasca, creando agitazione nel bagno o usando gli ultrasuoni.

- Pulizia delle soluzioni sgrassanti per allungarne la durata (tramite schiumatura, centrifuga ecc.) e riutilizzo, riciclaggio dei fanghi oleosi, ad es. termicamente.

Si distinguono generalmente due tipi di sgrassaggio: alcalino ed acido.

Negli sgrassaggi alcalini l'emulsione che si forma è instabile, l'olio e il grasso si conglomerano e formano uno strato galleggiante sulla superficie nelle aree dove non c'è movimento del fluido del bagno di sgrassaggio. Questo conglomerato può essere separato e rimosso attraverso schiumarole, tubi di drenaggio e scarico, raschi, ecc, utilizzando semplicemente la gravità come forza spingente per la separazione. Per mezzo di tali misure, con un tempo di separazione di un paio d'ore, la vita dei bagni di sgrassaggio può essere prolungata da 2 a 4 volte. I fanghi rimossi contengono oli, grassi, agenti di sgrassaggio, scaglie, ruggine, polvere, ecc. e vengono di solito smaltiti.
Ci sono altri sistemi più veloci con separatori centrifughi, che separano l'olio e l'acqua entro pochi secondi. Gocce piccolissime di olio e grasso sono separate più facilmente; la parte più ricca di olio contiene solo il 5-10% di acqua, e si evita il trascinamento non desiderato di materiali chimici di sgrassaggio.

Tutte le misure descritte sopra per prolungare la vita dei bagni di sgrassaggio sono anche applicabili ai bagni di sgrassaggio acidi ma, a causa della formazione di emulsioni più stabili, la loro efficienza risulta ridotta. Lo grassaggio acido comporta la possibilità di evitare il successivo stadio di lavaggio con conseguente risparmio di acqua di processo.

- Sgrassaggio biologico con pulizia *in situ* (rimozione di grassi ed oli dalla soluzione sgrassante) tramite batteri.

L'olio ed il grasso accumulati nel bagno di sgrassaggio vengono decomposti dai micro-organismi. Il rifiuto prodotto è un fango biologico che viene drenato quotidianamente dal sistema.
Il liquido di sgrassaggio è composto di alcaloidi, fosfati, silicati e tensioattivi cationici e non-ionici. Un concentrato di questi composti chimici viene continuamente mescolato con i micro-

organismi. Nella stessa vasca di sgrassaggio, viene immessa aria per mantenere attivi i processi biologici. L'acqua è aggiunta per compensare la perdita per evaporazione, dal momento che il bagno è tenuto alla temperatura ottimale di 37°C. Il liquido proveniente dalla vasca di sgrassaggio viene fatto circolare attraverso un separatore lamellare ad una velocità di circa 1 m^3/h. Nel separatore lamellare il fango accumulato, composto di un misto di micro-organismi vivi e morti (bio-fango), viene separato. Il fango (circa 10 l/giorno) viene drenato manualmente attraverso una valvola sul fondo della vasca. Il dosaggio dei componenti chimici è effettuato da pompe di dosaggio nella scatola di connessione posta a valle del separatore lamellare. Non è facile essere totalmente accurati, e un consumo eccessivo può essere comune. Il dosaggio dei composti chimici necessari è automaticamente controllato per mantenere un pH di 9,13.

2. *Decapaggio e strippaggio*

Per il decapaggio con HCl le tecniche seguenti sono considerate BAT per la riduzione dell'impatto ambientale:

- Monitoraggio attento della temperatura del bagno e dei parametri di concentrazione, nonché operatività entro i limiti riportati in fig. 2.1. Il decapaggio effettuato ai fini della zincatura per immersione a caldo discontinua è statico.

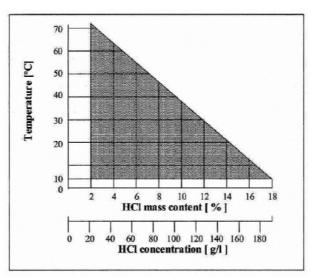



Fig. 2.1. Curva limite per l'esercizio dei bagni di decapaggio aperti.

Il contenuto di HCl nella fase gassosa al di sopra di un bagno di decapaggio dipende dalla temperatura e dalla concentrazione. Le emissioni dai bagni di decapaggio sono al di sotto di 10mg/Nm^3 quando la coppia di valori (temperatura e concentrazione) è nell'area al di sotto della retta in fig. 2.1.

Importanza fondamentale nella gestione delle vasche di decapaggio ha il flusso di aria che si determina al di sopra delle vasche. Ad elevati flussi di aria (ottenuti con eccessiva estrazione o ventilazione) corrisponde sulle vasche un flusso elevato di acido verso l'atmosfera.

Infatti la soluzione di decapaggio tende rapidamente a creare delle condizioni di equilibrio di fase liquido-gas che impediscono ad altro acido di evaporare una volta raggiunta la pressione di vapore. La depressione, causata dalla estrazione eventuale, turba l'equilibrio e consente al liquido

di evaporare, incrementando l'emissione e il consumo di acido. L'estrazione dovrebbe essere minimizzata. Se si effettua un controllo accurato dei parametri di processo (temperatura e concentrazione), con condizioni operative nei limiti stabiliti in fig. 2.1., i sistemi di estrazione della fase vapore e le successive tecniche di abbattimento diventano sovrabbondanti. Le aspirazioni e conseguenti abbattimenti possono essere richiesti quando non è possibile operare nelle zone del diagramma di fig. 2.1. o quando le condizioni di ventilazione naturale lo richiedano.
Durante l'esercizio, il bagno si arricchisce in cloruro ferroso, il che determina un aumento dell'attività decapante ed anche un aumento della tensione di vapore. Devono essere tenuti in considerazione i rapporti relativi tra acidità libera e cloruro ferroso per l'ottimizzazione della gestione dei bagni di decapaggio.

- Se si richiedono operazioni al di fuori dell'intervallo di esercizio riportato in fig. 2.1., ad es. se vengono usati bagni di HCl riscaldati o a più alta concentrazione, l'installazione di un'unità di estrazione ed il trattamento dell'aria estratta sono considerati BAT (ad es. tramite scrubber). Il livello associato di emissione di HCl è pari a 2-30 mg/Nm^3.

In tal caso, l'impianto, nella zona di pretrattamento (grassaggio e decapaggio), funziona all'interno di tunnel chiusi. L'alta temperatura raggiunta dall'acido consente un'attività maggiore, per cui occorrono quantità di acido minori che nel decapaggio aperto. D'altro canto le emissioni di acido non sono più trascurabili a punto che occorrono la separazione dall'ambiente esterno (ed anche interno di lavoro) e sistemi di estrazione ed abbattimento delle emissioni.

- Attenzione speciale alla reale attività del bagno di decapaggio e utilizzo di inibitori di decapaggio per evitare un sovra-decapaggio.

L'efficienza del decapaggio, e quindi il tempo necessario per il decapaggio, cambia lungo la durata del bagno. Man mano che il bagno invecchia, la concentrazione del ferro aumenta ed è necessario meno acido libero per mantenere la stessa velocità di decapaggio dell'inizio. È infatti necessaria la presenza di ioni Fe^{2+} in quantità dipendenti dall'acidità libera per ottenere l'ottimizzazione dell'attività decapante del bagno.

Un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione attraverso la conoscenza dei cambiamenti nel bagno e permettere procedure di esercizio diverse, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio. Parimenti cambiamenti drastici nel liquido di decapaggio, per esempio sostituendo grandi volumi del bagno, possono portare a condizioni di decapaggio che possono comportare sovra-decapaggio. Lo scarico di acido esausto e l'aggiunta di acido fresco in dosi più frequenti ma piccole evita cambiamenti drastici nelle caratteristiche del bagno e permette un esercizio più agevole

Nella fig.2.2 i valori ottimali sono compresi nell'area grigia.

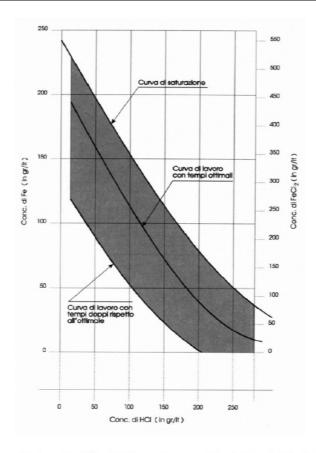



Fig. 2.2. Concentrazione di Fe — FeCl2 – HCl per il controllo dell'attività del bagno di decapaggio

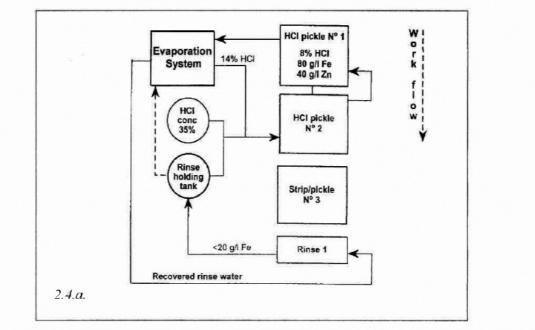
Un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione attraverso la conoscenza dei cambiamenti nel bagno e permettere procedure di esercizio diverse, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio. Parimenti cambiamenti drastici nel liquido di decapaggio, per esempio sostituendo grandi volumi del bagno, possono portare a condizioni di decapaggio che possono comportare sovra-decapaggio. Lo scarico di acido esausto e l'aggiunta di acido fresco in dosi più frequenti ma piccole evita cambiamenti drastici nelle caratteristiche del bagno e permette un esercizio più agevole

Per proteggere dal sovra-decapaggio le parti di manufatto che sono già pulite e metalliche, si aggiungono alla soluzione di decapaggio gli inibitori di decapaggio. Gli inibitori possono ridurre la perdita di materiale dai manufatti anche del 98% e possono ridurre il consumo di acido. Comunque, questi inibitori organici possono avere un influenza negativa sui successivi processi di riciclo dell'acido e la riduzione del consumo di acido attraverso l'uso degli inibitori di decapaggio deve essere ponderata attentamente attenendosi scrupolosamente alle indicazioni delle schede tecniche predisposte dai produttori.

Attraverso il controllo e la gestione ottimizzata del bagno si può ottenere un consumo di acido fresco (al 33w %) fino a 10 – 15 kg per tonnellata di acciaio zincato.

- Recupero della frazione di acido libero dai liquidi di decapaggio esausti.

Vengono indicate due operazioni possibili di recupero:

–Recupero per evaporazione:
Piuttosto complesso, consiste in un evaporatore rapido a circolazione forzata con condensazione/separazione in due fasi controllate. La soluzione acida esausta viene riscaldata violentemente per estrarre l'acido e l'acqua dal rifiuto esausto. Rimane solo una soluzione di cloruro di ferro concentrata. Un esempio di processo è schematizzato in fig. 2.4.a. mentre in fig.2.4.b. sono indicate relative possibili prestazioni.

2.4.b.

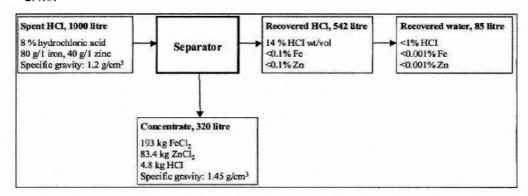



Fig. 2.4.– Un esempio di recupero di HCl per evaporazione.

Questo schema operativo comporta la generazione di una soluzione concentrata di cloruro di ferro di difficile smaltimento.

–Recupero mediante estrazione liquido – liquido
L'estrazione mediante solvente per la separazione selettiva dello zinco dagli acidi esausti di decapaggio con HCl utilizza l'agente estraente TBP tributilfosfato ed è basata sulla seguente reazione semplificata:

$$TBP + n\ ZnCl_2 + m\ HCl \leftrightarrow TBP \times n\ ZnCl_2 \times m\ HCl$$

Lo $ZnCl_2$ dalla soluzione acquosa è legato come cloruro complesso insieme al HCl al composto organico, che è meno denso della fase acquosa. Quindi esso può essere separato per decantazione. Quando il carico organico è posto a contatto diretto con una nuova soluzione, la reazione complessante procede nel verso opposto (ri-estrazione) in modo che l'agente estraente organico strippato può essere riciclato e viene prodotta una soluzione diluita di $ZnCl_2$. Questa soluzione viene fatta evaporare per incrementare la concentrazione di zinco. Il condensato è riciclato alla ri-estrazione ed il concentrato viene venduto. La figura 2.4.2. illustra schematicamente l'intero processo.

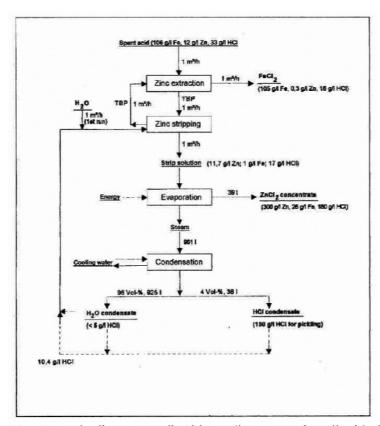



Fig. 2.4.2. – Esempio di recupero di acido mediante estrazione liquido-liquido

- Rigenerazione esterna dei liquidi di decapaggio.

  Le soluzioni esauste di acido cloridrico vanno a società specializzate ed autorizzate alla neutralizzazione e smaltimento.

- Rimozione dello zinco dall'acido.

L'acido cloridrico esausto da decapaggi e strippaggi combinati con alte concentrazioni di zinco e ferro può essere processato e recuperato come bagno di flussaggio. Dopo l'ossidazione con perossido di idrogeno e neutralizzazione con ammoniaca si separa il fango di idrossido di ferro. Il liquido rimanente contiene alte concentrazioni di cloruro di zinco e cloruro di ammonio e può essere riutilizzato come soluzione flussante.

- Utilizzo di liquidi di decapaggio esausti per la produzione di flussanti.

  La neutralizzazione dei liquidi di decapaggio esausti e l'uso di tali liquidi per la separazione dell'emulsione non sono considerati BAT.

- Una misura primaria per ridurre l'impatto ambientale dato dal decapaggio e dallo strippaggio è costituita dall'esercizio di vasche separate di trattamento, poiché gli acidi misti (ad alto contenuto sia di ferro che di zinco) provocano problemi nella rigenerazione o nel riutilizzo. Dal momento che non vi sono trattamenti adeguati per gli acidi misti, il decapaggio separato dallo strippaggio e il riutilizzo dei liquidi di strippaggio esausti (interni ed esterni, ad es. per il recupero dei flussanti) sono considerati come BAT sia per i nuovi impianti che per quelli già esistenti.

- Qualora non fosse possibile separare il decapaggio dallo strippaggio, ad es. per mancanza di spazio per installare un'altra vasca, il riutilizzo degli acidi misti per la produzione di flussante, tramite conferimento ad operatori esterni, è considerato come BAT.

3. *Lavaggio*

Generalmente è richiesto un buon drenaggio tra le vasche di pre-trattamento. Inoltre è essenziale il lavaggio dopo lo sgrassaggio e dopo il decapaggio, per evitare il trascinamento di materiali nelle vasche dei bagni successivi e per prolungare la durata di tali bagni.

E' considerato BAT:

- Il lavaggio statico o a cascata.

  Dopo il decapaggio, i manufatti in acciaio sono risciacquati in una vasca di lavaggio statica.

  Il lavaggio è effettuato per evitare il trascinamento all'interno del bagno di flussaggio sia di liquido di decapaggio, che altera il pH, sia di ioni Fe^{++}, che inquinano la soluzione flussante.

  Si ipotizza anche la possibilità di utilizzo di un lavaggio effettuato in cascata mediante tre immersioni successive in altrettante vasche.

- Utilizzo dell'acqua di lavaggio per il rabbocco dei bagni precedenti.

  Quando l'acqua giunge ad un livello di contaminazione troppo elevato per assicurare un lavaggio efficiente, viene riutilizzata nel bagno del precedente processo di decapaggio come acqua di rabbocco per le perdite causate dall'evaporazione e dal drenaggio. Con una gestione accurata e la pratica operativa, tutta l'acqua del lavaggio può essere riutilizzata nell'impianto di zincatura.
  Acque di scarico possono essere prodotte in casi eccezionali, ed, in tal caso, è necessario un trattamento di purificazione.

4. *Flussaggio*

- Per il flussaggio, il controllo dei parametri dei bagni e la quantità ottimale del flussante usato sono importanti per ridurre le emissioni anche negli *step* successivi. Per il bagno di flussaggio, è possibile la rigenerazione della soluzione sul posto (usando H_2O_2, l'ossidazione elettrolitica e lo scambio di ioni) oppure la rigenerazione esterna, se non è possibile installare un impianto di rigenerazione in situ. Sia la rigenerazione interna che quella esterna sono considerate BAT.

- Per integrare le perdite da trascinamento e per mantenere la concentrazione dei bagni di flussaggio costante, agenti di flussaggio e acqua sono aggiunti su basi regolari. Per evitare il trascinamento di cloruri di ferro dai bagni di decapaggio, i manufatti decapati dovrebbero essere lavati accuratamente prima del flussaggio. E' necessario un accurato monitoraggio del contenuto di ferro. Pur tuttavia non è possibile evitare completamente i depositi di cloruro di ferro, cosicché la soluzione flussante deve essere sostituita o rinnovata periodicamente.

- I bagni di flussante esausti possono essere mandati fuori, di solito presso i produttori di agenti flussanti, per il riciclaggio. I sali nella soluzione del flussante esausto possono essere riutilizzati per la produzione di agenti di flussaggio.

5. *Immersione nello zinco fuso.*

Il problema principale della immersione nella vasca di zinco è rappresentato dalle emissioni nell'aria provocate dalle reazioni chimiche dei flussanti durante l'immersione.

Le tecniche seguenti sono considerate BAT:

- Cattura delle emissioni tramite cabina o tramite estrazione a bordo vasca, seguita da abbattimento della polvere (tramite filtri a manica o *scrubber* ad umido). Il livello di polvere associato con queste tecniche è <5 mg/Nm^3.

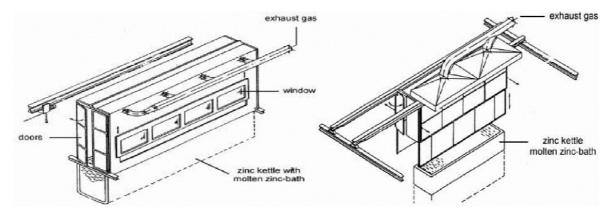



Fig. 5.1.– a) esempio di cabina fissa – b) esempio di cabina mobile solidale al bilancino.

Le estrazioni a bordo vasca in combinazione avvengono per mezzo di cappe laterali a bagno aperto *(Fig. 5.2.).*

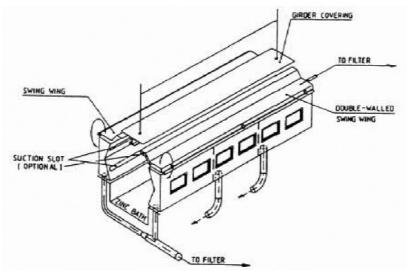



Fig. 5.2. – Esempio di estrazione a bordo vasca.

- Riutilizzo interno o esterno della polvere raccolta per la produzione di flussanti. Poiché questa polvere può raramente contenere diossina a bassa concentrazione, per problemi nell'impianto (manufatti zincati precedentemente non ben sgrassati), solo i processi di recupero che rendono gli agenti flussanti liberi da diossina sono considerati BAT.

- Sebbene le opportunità di risparmio di energia dal trasferimento di calore dai gas combusti dalle vasche di zincatura siano limitate, a causa dei bassi volumi e delle relativamente basse temperature (450°C), è buona norma recuperare il calore da questa fonte per riscaldare o l'acqua usata altrove nell'impianto, o l'aria per l'essiccazione.

  Un sistema di scambiatori a tubo e mantello può essere impiegato per recuperare calore dai fumi di combustione e trasferirlo alle soluzioni di flussaggio e sgrassaggio, sovente riscaldate per mantenere la giusta solubilità degli agenti chimici. Per il recupero di calore destinato all'essiccatore i fumi vengono fatti passare per il forno di essiccazione prima di essere inviati al camino.
  Il recupero di calore dai fumi di combustione costituisce una quota del calore necessario per le operazioni suddette, per cui l'impianto di zincatura necessita della presenza di bruciatori addizionali seppure di modesta portata.

- Per tutti i rifiuti contenenti zinco (matte, zinco duro, spruzzi e schizzi), sono considerate tecniche BAT:
  –l'immagazzinamento separato
  –la protezione da pioggia e vento
  –il riutilizzo nell'industria dei metalli non ferrosi o in altri settori per il recupero delle sostanze utili che essi contengono.

4.5.2 Processi di rivestimento continui

Nei processi di rivestimento continui, l'acciaio viene fatto passare continuamente in un bagno di metallo fuso. I metalli utili a tale scopo sono quelli che hanno una temperatura di fusione sufficientemente bassa da evitere modificazioni termiche dei prodotti d'acciaio (ad es. alluminio, piombo, stagno e zinco).
I prodotti d'acciaio che possono essere rivestiti tramite processi continui sono i nastri ed i fili.
Per i nastri, i principali tipi di rivestimento sono riassunti nella tabella seguente:

METALLO BASE	BAGNO	RIVESTIMENTO	
		Tipo	Nome
Zinco	Zn	Zn	Galvanised
	Zn	Zn-Fe	Galvannealed
	Zn	Senza Piombo	
	Zn-Al	99% Zn, 1% Al	Crackfree
	Zn-Al	95% Zn, 5% Al	Galfan
Alluminio	Al-Zn	55% Al, 43.5% Zn, 1.5% Si	
	Al-Si	Al 92%, Si 8%	
Piombo	Pb-Sn	8,25% Sn, 75-92% Pb	Terne

Principali tipologie di rivestimenti per i nastri d'acciaio

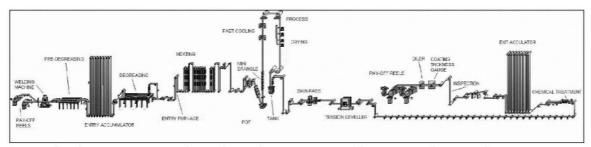
I fili d'acciaio possono essere rivestiti con zinco o stagno; lo zinco è fondamentalmente applicato come protezione contro la corrosione, mentre lo stagno fornisce al filo un aspetto lucido e costituisce uno stato adesivo di lega per saldatura.

1. Zincatura a caldo continua dei Nastri d'acciaio

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

Nella zincatura a caldo continua, il nastro d'acciaio laminato a freddo viene rivestito con uno strato di zinco o lega di zinco che impartisce protezione alla corrosione.
I rotoli di nastro d'acciaio laminati a freddo in ingresso all'impianto vengono svolti e saldati tra di loro, in modo da dare continuità al processo; il nastro continuo viene accumulato in un sistema di accumulo, in modo da garantire la marcia della linea anche in caso di rallentamenti nella sezione di ingresso. Analogamente è presente un sistema di accumulo in coda all'impianto, in modo da garantire la marcia durante i rallentamenti della sezione di uscita della linea (taglio del nastro e riavvolgimento in coils).

Il processo di zincatura a caldo di nastri di acciaio laminati a freddo è generalmente costituito dalle fasi seguenti:

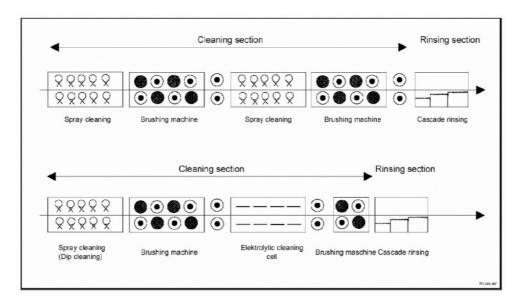
1. sgrassaggio
2. trattamento termico
3. immersione nel bagno fuso (Zincatura)
4. trattamento di Galvannealing
5. post-trattamenti
6. finitura

Configurazione tipica di una linea di zincatura a caldo continua di nastri d'acciaio

La configurazione impiantistica può essere differente nella sezione iniziale (presenza o meno della sezione di sgrassaggio alcalino), nella tipologia dei forni di ricottura e nei trattamenti di post-zincatura.

1. Sgrassaggio

La superficie del nastro deve essere priva di impurezze come olio, grasso e particelle di ferro, in modo da assicurare che la superficie del nastro sia completamente esposta al rivestimento e per consentire un'elevata aderenza del rivestimento stesso.
A tal fine il nastro di acciaio può essere sottoposto ad una fase di sgrassaggio in cui si utilizzano solitamente soluzioni acquose alcaline riscaldate.

Lo sgrassaggio di solito comprende alcune o tutte le fasi seguenti:

a. sgrassaggio alcalino attraverso immersione o attraverso spruzzatura (può essere accoppiato con spazzolatura);
b. sgrassaggio alcalino attraverso un sistema elettrolitico (può essere accoppiato con spazzolatura);
c. risciacquo con acqua con spazzolatura intermedia tra le vasche di risciacquo;
d. asciugatura del nastro.

Possibili configurazioni della linea di sgrassaggio

Nel caso in cui si utilizzano forni di trattamento termico a fiamma diretta, l'operazione di sgrassaggio può non essere effettuata in quanto i residui oleosi vengono bruciati all'interno del forno.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di sgrassaggio sono costituite dai vapori generati nelle vasche di trattamento.
Inoltre da tale fase di processo si generano dei reflui oleosi alcalini (soluzioni di sgrassaggio esauste).

2. Trattamento termico

Prima della fase di zincatura, i nastri di acciaio attraversano un forno ad atmosfera controllata principalmente per migliorare le proprietà adesive della superficie, consentire all'acciaio di ottenere le proprietà meccaniche richieste e di raggiungere la temperatura richiesta prima dell'immersione nel bagno fuso.
Solitamente si utilizzano le seguenti tipologie di forni:

Forno Sendzimir
È un tipo di forno continuo orizzontale, costituito da:
- zona di preriscaldo, separata dal resto del forno, in cui il nastro è riscaldato direttamente (zona ossidante);
- zona di riduzione e zona di mantenimento a riscaldamento indiretto contenenti atmosfere riducenti (H_2/N_2);
- zona di raffreddamento.

Nella zona di preriscaldo il nastro viene pulito e ossidato bruciando i residui di emulsione oleosa; nella zona di riduzione si ha la riduzione degli ossidi in atmosfera inerte; nella zona di mantenimento si realizza la ricristallizzazione e la normalizzazione dell'acciaio; nella zona di raffreddamento il nastro viene raffreddato ad una temperatura leggermente superiore a quella del bagno di zinco fuso.

Forno a fiamma diretta (D.F.F.)
Il forno a fiamma diretta (tipo non ossidante) può essere suddiviso in varie sezioni:
- sezione di pre-riscaldo, in cui il nastro è preriscaldato utilizzando i fumi provenienti dal forno;
- il forno stesso, in cui il nastro viene riscaldato a contatto diretto con la fiamma;
- sezione di ricottura, dove, attraverso un riscaldamento elettrico o tramite elementi radianti, il nastro viene riscaldato e mantenuto a temperatura adeguata in atmosfera riducente;
- sezione di raffreddamento del nastro, suddivisa in più parti aventi velocità di raffreddamento diverse;
- sezione di uscita, da cui il nastro viene avviato al bagno di zinco fuso.

Questa tipologia di forno consente la pulizia della superficie del nastro, cosa che rende non sempre necessario lo sgrassaggio preliminare del metallo.

Forno a tubi radianti (R.T.F.)
Tramite questo tipo di forno si realizza un riscaldamento del nastro di tipo indiretto: i fumi di combustione circolano all'interno di tubi radianti e non entrano in contatto col nastro, che transita all'interno del forno in un'atmosfera riducente (H_2/N_2). La zona di mantenimento può essere dotata di riscaldamento con tubi radianti o di tipo elettrico. Questo tipo di forno,

in combinazione con uno sgrassaggio alcalino preliminare, consente di ottenere standard qualitativi molto elevati e di migliorare l'aderenza del successivo rivestimento metallico.

Il riscaldo viene generalmente realizzato con la combustione di gas di cokeria desolforati o gas naturale.
Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di trattamento termico sono costituite dai prodotti di combustione dei suddetti combustibili.

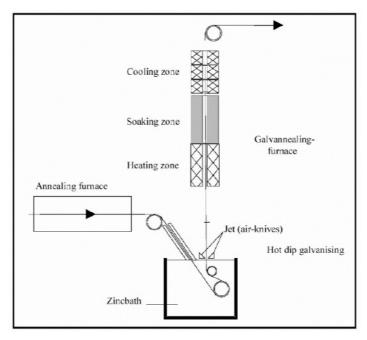
3. Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)

Il rivestimento di zinco sul nastro avviene per immersione del nastro di acciaio in un bagno di zinco fuso.
Il bagno di zincatura attraverso il quale viene fatto passare il nastro è mantenuto ad una temperatura di 440-490°C tramite sistemi ad induzione elettrica o tramite la combustione di gas naturale; il bagno è costituito da zinco fuso e da additivi (ad es. antimonio, piombo o alluminio).
La quantità di zinco fuso contenuta è sufficiente per prevenire ampie variazioni della temperatura.
Il controllo di temperatura del bagno è essenziale, in quanto una temperatura troppo elevata provoca un aumento dell'ossidazione della superficie del bagno fuso, mentre una temperatura troppo bassa del bagno provoca un aumento della viscosità del metallo fuso che ostacola la formazione di uno strato di rivestimento sottile. La temperatura del bagno deve essere pertanto ottimizzata al fine di ottenere le caratteristiche qualitative richieste per il prodotto finale rivestito.
Il nastro lascia il bagno con una certa quantità di zinco liquido sulla superficie; per ottenere l'esatto spessore richiesto, il nastro viene fatto passare attraverso una serie di getti posti al di sopra della superficie del bagno; in questo modo l'eccesso di zinco viene rimosso dall'acciaio soffiando aria o azoto ed il sistema solitamente è regolato da un misuratore dello spessore del rivestimento.
Dopo aver lasciato il bagno, il nastro viene solitamente sottoposto a raffreddamento ad aria, water quench ed asciugatura.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di zincatura sono costituite dai prodotti di combustione del combustibile utilizzato per il riscaldamento del bagno fuso; tali emissioni sono assenti nel caso in cui si utilizzano sistemi di riscaldamento della vasca induttivi.

4. Galvannealing

Il Galvannealing è un post-trattamento, presente su alcuni impianti, in cui il nastro in uscita dal bagno di zincatura viene riscaldato ad una temperatura tale da portare alla formazione di una lega zinco-ferro (10% in ferro) che impartisce al prodotto un aspetto particolarmente liscio. La lega si crea per diffusione del ferro dal nastro allo strato di zinco; tale diffusione è ottenuta mediante il riscaldamento per un tempo adeguato ad una temperatura che dipende dal tipo di acciaio (generalmente tra i 500 ed i 540°C). A tal fine si utilizzano dei forni, che si dividono in due zone: zona di riscaldo e zona di mantenimento.
Alcuni forni sono dotati di riscaldamento per induzione nella zona di riscaldo e di riscaldamento elettrico o tramite tubi radianti nella zona di mantenimento. Il riscaldamento induttivo consente un periodo di riscaldamento ed un tempo di reazione brevi, una regolazione accurata della temperatura, oltre che da assenza di emissioni in atmosfera; pertanto consente di ottenere prodotti qualitativamente migliori.

Altri tipi di forni sono equipaggiati con tubi radianti in entrambe le zone e sono caratterizzati pertanto da tempi di riscaldamento più lunghi.

Schema di una linea di Galvannealing

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase di Galvannealing sono costituite dai prodotti di combustione dei combustibili utilizzati nei forni; tali emissioni sono assenti laddove si utilizzano sistemi di riscaldamento di tipo induttivo.

5. Post-trattamenti

Dopo la fase di rivestimento, i nastri d'acciaio sono solitamente sottoposti a post-trattamenti per prevenire danni superficiali e fessurazioni, nonché per consentire di migliorare i processi successivi a cui sono sottoposti i nastri. In particolare i post-trattamenti come ad es. l'oliatura, la passivazione, la fosfatazione o una loro combinazione aumentano in modo considerevole la resistenza contro la formazione di ruggine bianca (idrossidi di zinco), che influenza negativamente le lavorazioni successive.
L'oliatura consiste nell'applicare uno strato d'olio sulla superficie del nastro.
La passivazione è un trattamento effettuato con solventi contenenti acidi cromici, applicati tramite spruzzatura o tramite rulli di applicazione.
La fosfatazione è un trattamento effettuato con una soluzione a base di acido fosforico per spruzzaggio o per immersione che porta alla precipitazione di cristalli di fosfato di zinco sulla superficie del nastro.

Le principali emissioni in atmosfera che si manifestano in normali condizioni durante la fase dei post-trattamenti sono costituite dai vapori che si generano dalle vasche di trattamento.
Inoltre da tale fase di processo si possono generare, a seconda del trattamento, dei reflui.

6. Finitura

Per impartire all'acciaio determinate proprietà richieste dal cliente (ad es. un'apparenza superficiale particolare, levigatezza, etc.) o per rispettare le tolleranze di larghezza del nastro si possono realizzare le seguenti operazioni di finitura:

Trattamento Mini/No Spangle

Se la velocità di raffreddamento dello strato superiore di zinco puro è sufficientemente bassa, si formano cristalli larghi che impartiscono un aspetto "lucente". A volte questo effetto o non è richiesto o è richiesto in misura ridotta; in tal caso si raffredda il nastro più velocemente o si ricorre a spruzzaggio di vapore, a spruzzaggio di vapore con additivi solitamente a base di fosfati o a spruzzaggio con polvere di zinco (stellatura ridotta).

Skinpassatura

Il nastro viene skinpassato mediante cilindri di lavoro ed il trattamento può essere realizzato in tre modi: a secco, ad umido con sola acqua e ad umido con acqua e detergente.

Spianatura

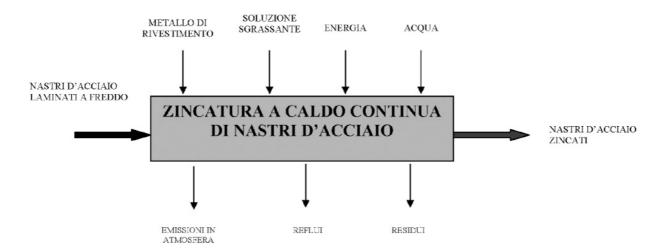
Il nastro viene spianato mediante rulli di lavoro che intervengono ad eliminare i difetti di forma del nastro, come imbarcature, curvature, etc.

Taglio dei bordi

Per alcune applicazioni si deve effettuare un taglio dei bordi per raggiungere la tolleranza in larghezza richiesta ed eliminare piccoli difetti ai bordi.

Dalla fase di skinpassatura ad umido si generano dei reflui, contenenti principalmente solidi sospesi e zinco.

- ***Bilancio complessivo di materia ed energia***

Lo schema di flusso di materia ed energia in ingresso ed in uscita dalla zincatura a caldo continua di nastri è sinteticamente di seguito rappresentato:

I principali residui nel normale esercizio sono costituiti dalle scorie (contenenti fondamentalmente zinco) che si formano sulla superficie del bagno fuso; tali scorie sono rimosse periodicamente e riciclate all'industria dei metalli non ferrosi per consentire il recupero dei metalli contenuti.
Altri residui quali ad esempio refrattari a fine ciclo, fanghi derivanti dal trattamento acque, sfridi, ecc.… vengono smaltiti e, ove possibile, riciclati.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. *Sgrassaggio*

- Riduzione dei reflui derivanti dallo sgrassaggio alcalino mediante:
  - l'utilizzo della soluzione sgrassante in cascata, nel caso in cui lo sgrassaggio alcalino è direttamente connesso con lo stadio di pulitura elettrolitica.
    In particolare si ha che la soluzione alcalina utilizzata nello sgrassaggio elettrolitico può essere ricircolata nello stadio contiguo di sgrassaggio non elettrolitico;
  - pulizia dall'olio della soluzione alcalina (ad es. con sistemi di pulizia meccanica, membrane, ecc.) e suo riciclo nella sezione di sgrassaggio.

  Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti, mentre l'applicazione su impianti esistenti è condizionata dalla disponibilità di spazio.

- Raccolta delle acque derivanti dallo sgrassaggio e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.

- Adozione di vasche di sgrassaggio coperte con estrazione e depurazione dell'aria estratta tramite scrubber o demister.

- Adozione di rulli strizzatori per ridurre il trascinamento della soluzione sgrassante tra le varie sezioni.

2. *Trattamento termico*

- Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).
  I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx.
  I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.
  Il preriscaldo dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.

  Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:

  - emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell'aria comburente:

Temperatura di preriscaldo aria comburente	NOx (mg/Nmc) – 3%O_2
< 200 °C	< 400
300 °C	fino a 450
400 °C	fino a 600
500 °C	fino a 800
700 °C	fino a 1500
800 °C	fino a 2300
900 °C	fino a 3500
1000 °C	fino a 5300

- Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche per il recupero del calore:
  - recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.
    I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.
    Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente fino a 600°C.
    I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.
    Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).
    Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.
    I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi);

  - recupero del calore dei fumi di combustione per la produzione di vapore nel caso di fabbisogno per l'impianto di zincatura a caldo;

  - preriscaldo del nastro.

  Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.

3. *Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)*

- Raccolta dei residui contenenti zinco (scoria, ecc.) e loro riciclo nell'industria dei metalli non ferrosi.
  Ad esempio parte dello zinco consumato finisce nella scoria che si forma sulla superficie del bagno fuso; tale scoria viene rimossa manualmente in quanto influenza negativamente la qualità del rivestimento del nastro.

4. *Galvannealing*

- Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).
  I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx.
  I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.
  Il preriscaldo dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.

  Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti:

  - emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell'aria comburente:

Temperatura di preriscaldo aria comburente	NOx (mg/Nmc) – 3%O_2
< 200 °C	< 400
300 °C	fino a 450
400 °C	fino a 600
500 °C	fino a 800
700 °C	fino a 1500
800 °C	fino a 2300
900 °C	fino a 3500
1000 °C	fino a 5300

- Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente.
  I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.
  Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente fino a 600°C.

I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi.
Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).
Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici.
I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).

Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.

5. *Post-trattamenti*

- Adozione, per il trattamento di oliatura del nastro, di una delle seguenti tecniche:
  - copertura della macchina di oliatura del nastro;
  - oliatura elettrostatica.

- Adozione delle seguenti tecniche per i trattamenti di passivazione e fosfatazione:
  - copertura dei bagni di processo;
  - riciclo della soluzione di passivazione del nastro d'acciaio zincato.
    La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;
  - riciclo della soluzione di fosfatazione del nastro d'acciaio zincato.
    La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento;
  - utilizzo di rulli strizzatori per i evitare i trascinamenti delle soluzioni nelle sezioni successive, con perdita di sostanze chimiche.

6. *Finitura*

- Raccolta delle acque derivanti dalla skinpassatura ad umido e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.

7. *Trattamento acque*

- Adozione di sistema separato delle acque di raffreddamento ed operanti, ove possibile, in circuito chiuso con raffreddamento in torri evaporative o altri sistemi.

- Trattamento delle acque di processo derivanti dall'impianto di zincatura a caldo ed eventualmente derivanti anche da altre attività, utilizzando un'opportuna combinazione di stadi di sedimentazione, filtrazione e/o flottazione, precipitazione, flocculazione o altre combinazioni di pari efficienza.
  La frazione oleosa derivante dal trattamento dovrebbe essere, per quanto possibile, riutilizzata (ad es. combustione).

  Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali dagli impianti di trattamento delle acque di processo sono le seguenti:

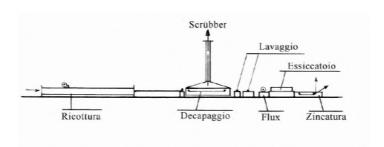
  – concentrazioni allo scarico dopo trattamento:
    - solidi sospesi: ≤ 20 mg/l
    - Fe: ≤ 10 mg/l
    - Zn: ≤ 2 mg/l
    - Ni: ≤ 0.2 mg/l
    - Cr_{tot}: ≤ 0.2 mg/l
    - Pb : ≤ 0.5 mg/l
    - Sn: ≤ 2 mg/l

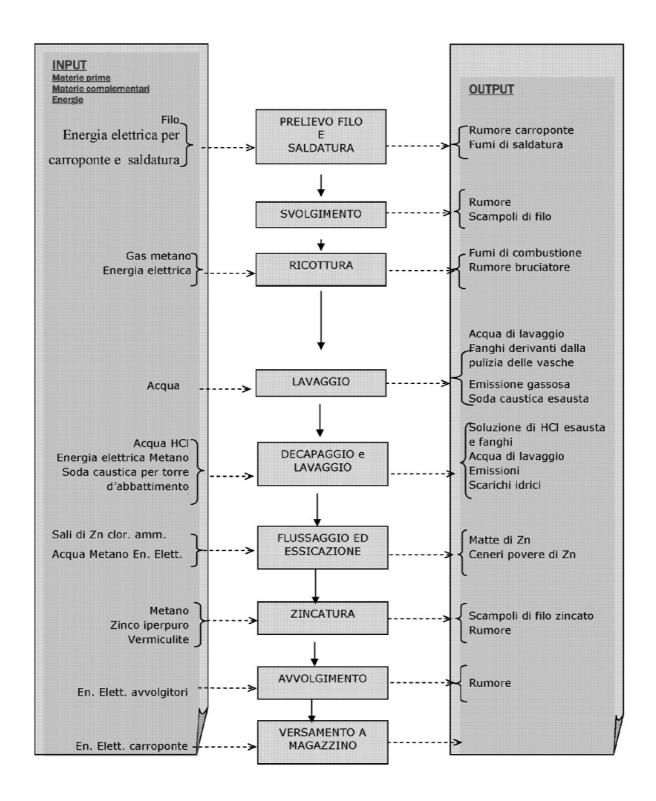
  Su impianti esistenti di trattamento acque di tipo continuo con livelli di zinco allo scarico ≤ 4 mg/l, potrebbe essere adottato il trattamento batch.

2. Zincatura a caldo continua dei fili d'acciaio a basso tenore di carbonio

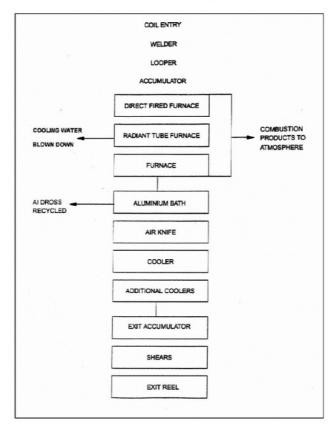
Il processo di rivestimento a caldo dei fili di acciaio realizza in modo continuo le varie fasi riconducibili alla zincatura generale.
I fili trafilati, infatti, passano nelle varie sezioni di trattamento, preparazione e zincatura con tempi di permanenza calcolati giustamente per raggiungere i risultati voluti.
I metalli adatti per i rivestimenti a caldo sono quelli che hanno il punto di fusione abbastanza basso per evitare modificazioni termiche nella base di acciaio.
La grande maggioranza dei rivestimenti applicati a caldo è costituita da zinco.
Altri rivestimenti come il Galfan (Zn 95% + Al 5%) hanno una importanza marginale per la scarsa diffusione dei processi relativi.

Gli impianti di zincatura continua dei fili comprendono le seguenti fasi:

- Ricottura
- Decapaggio
- Lavaggio
- Flux
- Zincatura
- Raffreddamento e finitura

I maggiori problemi ambientali che riguardano questo sub-settore sono emissioni in aria, rifiuti e acque esauste, immissioni in aria e consumo energetico dei forni, residui che contengono zinco (Vedi schema a blocchi All. 1). I risultati chiave per quanto riguarda la BAT per le diverse sezioni e le diverse emissioni ambientali della zincatura a caldo, sono ricapitolate nella tabella 1. Tutte le emissioni sono espresse come valori medi giornalieri. Le emissioni in aria sono basate su condizioni standard di 273 K, 101,3 KPa e gas secco. Gli scarichi di acqua sono indicati come valore medio giornaliero del flusso-campione composito di 24 ore.

ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI PER FASI DI PROCESSO

3. Alluminiatura a caldo continua dei nastri di acciaio

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, scarichi, residui)

Nella alluminiatura a caldo continua, il nastro d'acciaio laminato a freddo viene rivestito tramite immersione in un bagno fuso di una lega a base di alluminio, mantenuto ad una temperatura di circa 650°C. Tale processo è molto simile al processo di zincatura a caldo continua; pertanto l'alluminiatura può essere realizzata sullo stesso impianto in cui si realizza la zincatura effettuando alcuni interventi sulla linea, ad esempio sostituendo la vasca del bagno fuso e regolando il forno in modo tale che il nastro esca dalla fase di trattamento termico alla temperatura idonea per la successiva immersione nel bagno fuso di alluminiatura.

Configurazione tipica di un processo di alluminiatura a caldo continua di nastri d'acciaio

Data l'affinità dell'alluminio con l'ossigeno è estremamente importante prevenire la formazione di uno strato di ossido sul nastro che può limitare la qualità del rivestimento. Si può prevenire la formazione di ossido ad esempio facendo passare il nastro all'interno del forno in un'atmosfera inerte, oppure iniettando idrogeno nel bagno fuso o immergendo nello stesso barre di grafite che reagiscono con l'eventuale ossido formatosi sulla superficie del nastro.

I nastri rivestiti possono essere sottoposti a post-trattamenti per prevenire la formazione di danni superficiali (ad es. ruggine bianca). Ad esempio la passivazione è un post-trattamento che impartisce al nastro rivestito un'ulteriore protezione contro la corrosione e consiste nell'applicare al nastro d'acciaio rivestito, tramite spruzzatura, una soluzione contenente acidi cromici.

Il processo di alluminiatura a caldo continua di nastri di acciaio laminati a freddo è simile a quello di zincatura a caldo continua; pertanto le migliori tecniche disponibili sono le stesse di quelle riportate per gli impianti di zincatura a caldo continua.

4.6 Fonderia

Nel Settore della Fonderia, molte sono le fasi produttive rilevanti per gli aspetti ambientali che coinvolgono, sia da un punto di vista del consumo di risorse, sia in termini di ricadute sull'ambiente (emissioni in aria, acqua e produzione di rifiuti)
Le tecniche riportate per la protezione dell'ambiente e per i risparmi energetici sono fornite con riferimento alle singole fasi del processo produttivo.
Le fasi che vengono considerate sono:

stoccaggio e manipolazione delle materie prime
fusione e trattamento del metallo
formatura e fabbricazione di anime, compreso la preparazione delle sabbie
colata
Finitura dei getti
trattamento delle acque reflue

Nelle pagine che seguono sono descritte sinteticamente, le varie tecniche da considerare nella determinazione delle BAT con indicazione delle relative prestazioni ambientali associate, il campo di applicabilità ed eventuali note di chiarimento.

A) Aspetti tecnici, tecnologici ed ambientali (consumi, emissioni, rifiuti)

1. Stoccaggio e manipolazione delle materie prime

Vengono analizzate le fasi di manipolazione e di stoccaggio delle materie prime per la fusione e per la preparazione delle forme.
Gli aspetti rilevanti da un punto di vista ambientale sono legati alle varie modalità di stoccaggio e di movimentazione dei materiali metallici ferrosi, coke, terre e sabbie, leganti e additivi per la formatura.

2. fusione e trattamento del metallo

Vengono esaminate le varie tecniche di fusione e di trattamento del metallo, individuando i flussi in entrata e in uscita. Vengono fornite le indicazioni in merito alle tecniche disponibili per la riduzione delle emissioni prodotte in tali fasi.

Forni Cubilotti

Flussi in entrata (input)	Flussi in uscita (output)
• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, ritorni interni, …) • Ferroleghe e metalli alliganti • Flussi (castina, scarificanti, desolforanti, …) • Energia (coke, gas, olio combustibile, elettricità) • ossigeno • Acqua di raffreddamento • acqua • refrattari	• Lega metallica fusa (ghisa) • Emissioni in atmosfera • scorie • Rifiuti di refrattario

Forni ad arco elettrico

Flussi in entrata (input)	**Flussi in uscita (output)**
• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, torniture,ritorni interni,.) • Ferroleghe e metalli alliganti • Flussi (castina, scarificanti, …) • Energia (elettricità, gas, olio combustibile) • Ossigeno • Elettrodi • Acqua di raffreddamento	• Lega metallica fusa (acciaio) • Emissioni in atmosfera • Scorie (CaO; SiO_2 , MgO) • Rifiuti di refrattario

Forni ad induzione a crogiolo

Flussi in entrata (input)	**Flussi in uscita (output)**
• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, torniture, ritorni interni,.) • Ferroleghe e metalli alliganti • Materiali carburanti e flussi (scorificanti, .) • Energia elettrica • Acqua di raffreddamento	• Lega metallica fusa (ghisa, acciaio) • emissioni in atmosfera • scorie • Rifiuti di refrattario

Forni rotativi

Flussi in entrata (input)	**Flussi in uscita (output)**
• Materiali ferrosi (ghisa in pani, rottami di acciaio e di ghisa, torniture, ritorni interni, …) • Ferroleghe e metalli alliganti • Agenti carburanti e flussi (scarificanti, desolforanti, …) • Energia (gas, olio combustibile, elettricità) • ossigeno • Acqua di raffreddamento	• Lega metallica fusa (ghisa) • emissioni in atmosfera • scorie • Rifiuti di refrattario

Convertitore AOD

Flussi in entrata (input)	**Flussi in uscita (output)**
• Acciaio liquido • Ferroleghe e metalli alliganti • flussi (scarificanti, desolforanti, …) • Energia (gas, elettricità) • ossigeno • Gas inerti	• Acciaio liquido • emissioni in atmosfera • scorie • Rifiuti di refrattario

3. formatura e fabbricazione di anime, compreso la preparazione delle sabbie

Nella fase di formatura, le principali emissioni sono dovute alle operazioni di miscelazione della sabbia con i vari agglomeranti e/o additivi. Oltre alla polvere, dovuta alla presenza di sabbia, la natura delle emissione è legata al tipo di legante e catalizzatori utilizzati.

4. colata, raffreddamento e sterratura

Le principali emissioni che si hanno in aria durante queste fase sono legate alle sostanze rilasciate dai leganti chimici costituenti la forma, per effetto della pirolisi del metallo.

La tabella che segue fornisce una valutazione qualitativa delle principali emissioni correlate ai diversi tipi di leganti.

Sistema e tipo di legante	Emissioni durante la produzione di getti (colata)	Commenti
Terra a verde • Argilla • Nero minerale (o equivalenti) • Acqua	Materiale particellare – fuliggine dalla combustione del nero minerale CO, CO_2 SOV	Odori potenziali legati al contenuto di zolfo del nero minerale
A guscio (shell) • Resina fenolo-formaldeide (tipo novolacca)	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Fenolo, cresolo, xilenolo Ammoniaca, aldeidi, benzene	odore significativo; possono essere necessari trattamenti, sebbene la dispersione può essere sufficiente.
Alcalino – fenolico • Resina a base di resolo , fenolica alcalina – formaldeide 1. Indurimento con gas 2. autoindurente	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici	L'odore può rappresentare un problema
Fenolico-uretano 1. indurimento con gas (cold box) 2. autoindurente (fenolico urtano no-bake)	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Formaldeide Fenolo, cresolo, xilenolo Composti aromatici Anilina, naftalene, ammoniaca	L'odore può rappresentare un problema
Furanico Resine a base di: • Fenolo • Urea • Alcol furfurilico • formaldeide	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici SO_2, ammoniaca, anilina	Occasionalmente, l'odore può rappresentare un problema

Hot box (cassa d'anima calda) Resine a base di: • Fenolo • Urea • Alcol furfurilico • formaldeide	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 NO_x Fenolo, cresolo, xilenolo Formaldeide Composti aromatici) Ammoniaca, anilina	
Sabbia-olio Olio di lino e destrine	Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina CO, CO_2 Butadiene Acroleina, chetoni	L'odore può essere un problema
Processi con CO_2 Silicato di sodio	CO, CO_2	
Silicati con esteri Silicato di sodio	CO, CO_2 Alcani, acetone, acido acetico Acroleina	

5. Finitura dei getti

Fra le operazioni di finitura che vengono effettuate sui getti, la eliminazione dei dispositivi di colata e di alimentazione dei getti (materozze, attacchi di colata, ecc), la pulitura dei getti (granigliatura), l'eliminazione e la riparazione dei getti di acciaio (scriccatura e saldatura) ed infine l'eliminazione di bave (sbavatura/molatura) possono dare origine ad emissioni di fumi/polveri.

6. Trattamento delle acque reflue

Nelle fonderie, la quantità di acqua di processo scaricata è bassa, ed è legata, ove presenti, soprattutto alle acque provenienti dai sistemi di depolverazione (soprattutto i wet scrubber) e di pulizia dei gas di scarico.
Molte acque vengono utilizzate come acque di raffreddamento, generalmente all'interno di circuiti a recupero.

B) Migliori tecniche e tecnologie disponibili

1. Stoccaggio e manipolazione delle materie prime

Le BAT in questo caso riguardano: la gestione degli stoccaggi, la manipolazione dei diversi tipi di materiali, la minimizzazione del consumo di materie prime con i recuperi e riciclaggi dei residui.
Le BAT in particolare riguardano:

- Adottare stoccaggi separati dei vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e pericoli
- Stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su di superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.
- Riutilizzo interno dei boccami e dei ritorni.

- Stoccare separatamente i vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorirne il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento.
- Utilizzo di materiali alla rinfusa o contenitori riciclabili.
- Utilizzo di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per aumentare la resa dei metalli e per ottimizzare i flussi di materiali.

2. *Fusione e trattamento del metallo*

Fusione della ghisa al cubilotto

Le BAT riguardano:

- Utilizzo di due ranghi di ugelli per il cubilotto a vento freddo
- Utilizzo di vento arricchito con O2 nella misura del 1 – 4 % circa
- In relazione al fabbisogno delle linee di colata può essere opportuno lavorare in duplex con un forno di attesa. Questa pratica consente di adottare lunghe campagne evitando interruzioni di marcia.
- Depurare i gas emessi adottando in sequenza la raccolta, il raffreddamento e la depolverazione con sistemi a secco o ad umido .I livelli di emissione associati a queste BAT sono indicati nelle tabella seguenti.
- Adottare una buona pratica fusoria
- Impiegare coke di qualità conosciuta e controllata
- Utilizzo della post combustione dei gas per i Cubilotti a vento freddo, e recupero del calore per usi interni; utilizzo di una camera di combustione separata per quelli a vento caldo, recuperando il calore per preriscaldare il vento e/o per altri usi interni.
- Valutare la possibilità di estendere il recupero del calore anche ai forni di attesa operanti in duplex.
- Prevenire la formazione di diossina attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina non trovano ancora una pratica applicazione nel settore delle fonderie.
- Impiego di sistemi di depurazione ad umido nella fusione con marcia a scoria basica ((CaO % + MgO %) / SiO_2 % > 2).

I residui prodotti dalla fusione al cubilotto comprendono: polveri, scorie, sfridi di coke.
Le BAT per la loro gestione comprendono oltre alla loro minimizzazione, anche il pre-trattamento (granulazione o frantumazione) delle scorie per un riutilizzo esterno, ed il riciclo degli sfridi di coke all'interno del forno.

Fusione al forno elettrico ad arco di acciaio e ghisa.

Per questo tipo di forno le BAT sono:

- Applicare affidabili sistemi di controllo di processo, per contenere i tempi di fusione e di trattamento.
- Utilizzare pratiche di s*chiumatura* delle scorie (iniezione di ossigeno e polvere di carbone nella scoria alla fine della fusione)
- Captare i fumi in emissione con tecniche ad alta efficienza
- Raffreddare i fumi in uscita ed abbattere le polveri utilizzando filtri a tessuto.

Fusione al forno elettrico ad induzione di acciaio e ghisa.

Per questo tipo di forno le BAT sono:

- Usare rottami e ritorni puliti evitando ruggine, sporcizia e sabbia .
- Impiego di energia elettrica a media frequenza
- Pesare la carica
- Dove applicabile, recuperare il calore
- Captare i gas di scarico utilizzando tecniche idonee ottimizzandone la captazione durante tutte le fasi del ciclo operativo .

Fusione della ghisa al forno rotativo.

Le BAT sono:

- Adottare misure per aumentare l'efficienza del forno (regime del bruciatore, posizione del bruciatore, carica, composizione del metallo, temperature)
- Impiego di bruciatore ad ossigeno.
- Captare i fumi in uscita del forno, utilizzare la post-combustione, raffreddare e depolverare con filtri a tessuto.
- Prevenire la formazione di diossina attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina non trovano ancora una pratica applicazione nel settore delle fonderie.

Trattamento del metallo

Nel caso di utilizzo di un convertitore AOD, per l'affinazione dell'acciaio, le BAT sono:

- Estrarre e raccogliere i fumi mediante una cappa a calotta.

Nella produzione della ghisa sferoidale, le BAT consistono nel:

- Adottare una tecnica di sferoidizzazione senza sviluppo di gas. In alternativa catturare i fumi di MgO utilizzando un coperchio o una copertura con dispositivi di estrazione o una cappa mobile.
- Depolverare le emissioni usando filtri a maniche, rendendo possibile il riutilizzo delle polveri di MgO.

3. Formatura e fabbricazione di anime, compresa la preparazione delle sabbie

Tecniche di produzione getti con forma persa.

In questo paragrafo sono incluse le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e di leganti chimici.
Gli elementi BAT sono presentati , oltre che per le citate fasi produttive di formatura, anche per le successive operazioni di colata, raffreddamento e distaffatura, alle quali esse sono interconnesse.

Formatura in terra a verde

La preparazione della terra a verde consiste nel miscelare la sabbia base con additivi e leganti in appositi mescolatori, in normale atmosfera o sotto vuoto.

Entrambi i metodi sono considerati BAT; i mescolatori sotto vuoto, trovano un utilizzo in impianti in cui la capacità produttiva della sabbia sia superiore alle 60 t/h.

Le BAT per gli impianti di preparazione della terra a verde consistono in:

- Chiudere tutte le unità operative dell'impianti di lavorazione delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione), e depolverare le emissioni, in accordo con i livelli di emissione associate alle BAT, riportate nelle tabelle seguenti; se sussistono idonee condizioni di mercato, le polveri di abbattimento possono trovare un riutilizzo all'estero. Per quanto riguarda le parti fini aspirate nelle diverse postazioni del ciclo di lavorazione e di recupero (distaffatura, dosaggio e movimentazione), le BAT sono rappresentate dalle tecniche che ne consentono il reimpiego nel circuito delle terre, in percentuale maggiore del 50%.

- Utilizzare tecniche di recupero delle terre. Le aggiunte di sabbia nuova dipende dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%.

Formatura chimica

Vengono utilizzati vari tipi di leganti, ciascuno con specifiche proprietà ed applicabilità.Tutti sono da considerarsi BAT se vengono impiegati secondo le buone pratiche discusse inerenti i controlli di processo e le tecniche di captazione delle emissioni per minimizzarne i livelli.

I livelli di emissione associati alle BAT, sono riportati nelle successive tabelle.

Per la preparazione di sabbie con agglomeranti chimici, le BAT consistono in :

- Minimizzare l'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici), e di controllo della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, le BAT consistono nell'utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.
- Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime prima della distribuzione.
- Utilizzo di intonaci refrattari a base di H_2O, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcol, per la verniciatura di forme ed anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie.

  L'utilizzo di vernici ad alcol rappresentano una BAT nel caso di:
  - produzioni di forme ed anime complesse e di grandi dimensione
  - utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio
  - produzione di getti in magnesio
  - produzione di getti in acciaio al manganese, con vernici a base di MgO

  entrambe le predette tecniche di verniciatura rappresentano delle BAT, per le fonderie con produzioni di piccole serie di getti e per le fonderie con produzioni su commessa. In queste tipologie di fonderie, lo sviluppo di tecniche con vernici ad acqua è legato alla disponibilità di sistemi di essiccazione a microonde o altre tecniche di essiccazione.
  Quando vengono utilizzate vernici ad alcol, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di captazione delle emissioni prodotte, fissi o mobili, fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate.

In aggiunta, nel caso di produzione di anime con sistemi a base di resine fenoliche-poliuretaniche indurite con ammina, le BAT prevedono:

- abbattimento delle emissioni prodotte utilizzando idonei sistemi quali: assorbimento su carbone attivo, abbattitori chimici(scrubber), post combustione, biofiltrazione.
- Il recupero delle ammine dalle soluzione esauste di abbattimento degli impianti chimici, per quantità che consentano l'operazione in termini economici
- Utilizzo di resine formulate con solventi a base aromatica o a base vegetale

Le BAT hanno come obiettivo la minimizzazione della quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione, si applicano le seguenti condizioni:

- Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo (i.e. sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, ad eccezione dei sistemi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.

- La sabbia con silicato è rigenerata utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %. Deve essere ridotto l'utilizzo di esteri a lenta reazione
- Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO_2, cassa d'anima calda (hot box) e Croning, e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (i.e. sistemi ad abrasione, sistemi ad impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile (resa), dipende dalla quantità di anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.
- Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico-termico-meccanico, spogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.
- Monitorare la qualità e la composizione delle sabbie rigenerate
- Recuperare le sabbie all'interno del ciclo delle sabbie, solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo

4. Colata, raffreddamento e distaffatura

Le fasi di colata, raffreddamento e di distaffatura, producono emissioni di polveri, SOV ed altri composti organici. In queste fasi le BAT sono:

- Nelle linee di produzioni di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento
- Racchiudere le postazioni di distaffatura/serratura, e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione ad umido o a secco.
- Per le produzioni di grossi getti, colati "in campo" o "in fossa", ove il lay out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale

Tecniche di produzione getti colati in forma permanente.

Queste tecniche prevedono la colata della lega liquida in una forma metallica (stampo, conchiglia) dalle quali il getto è estratto dopo solidificazione per procedere alle eventuali successive fasi di lavorazione (finitura). In alcuni processi, trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici, e precisamente:nella colata per gravità in conchiglia, nella colata per centrifugazione o nella colata a bassa pressione. Le BAT sono:

- captare le emissioni prodotte nella fase di colata ed eventualmente trattarle con sistemi ad umido o a secco

Le BAT per la preparazione delle anime, sono del tutto analoghe a quelle già esaminate al punto precedente; mentre differiscono, oltre ad avere quantità minori di sabbie di scarto, le BAT per la distaffatura ed il trattamento della sabbia dopo colata. Le BAT per la sabbia usata, nei processi di formatura in forma permanente, sono:

- Racchiudere le unità di eliminazione delle anime e trattare le emissioni utilizzando sistemi di depolverazione ad umido o a secco .
- Se esiste un mercato locale, avviare le sabbie esauste al riciclaggio

5. Finitura dei getti

Le BAT riguardano la captazione ed il trattamento mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.
Per i trattamenti termici le BAT riguardano:

- l'utilizzo di combustibili puliti nei forni di trattamento
- la gestione automatizzata dei forni e del controllo dei bruciatori

6. Trattamento delle acque reflue.

Le BAT riguardano:

- La separazione delle diverse tipologie di acque reflue,
- Raccogliere le acque e utilizzare sistemi di separazione degli oli, prima dello scarico
- Massimizzare i ricircoli interni delle acque di processo, ed il loro riutilizzo multiplo
- Trattamento utilizzando opportune tecniche, di tutte le acque dei processi di depurazione delle emissioni e, in generale, di tutte le acque reflue.

5. Migliori tecniche per la prevenzione integrata dall'inquinamento in Italia

5.1 Generalità

Per l'individuazione delle BAT per la prevenzione dell'inquinamento in Italia sono stati seguiti gli stessi criteri validi per i BREF (punto 4.1), approfondendo il concetto di tecnica "Migliore" e "Disponibile".
In questo senso si è prestata più attenzione soprattutto alle BAT che si sono concretamente affermate e per la loro efficacia e per la loro diffusione; in particolar modo sono stati presi in considerazione gli aspetti tecnici e progettuali, per poter effettuare delle modifiche sugli impianti esistenti, tenendo presente anche la portata degli investimenti e la sostenibilità economica.
Con questa attenzione si è ritenuto di non proporre alcune BAT (per es. l'aspirazione dei gas di cokeria da entrambi i lati), mentre ne sono state aggiunte delle altre che non sono presenti nel BREF (come l'utilizzo della filtropressa per il trattamento dei fanghi d'altoforno ed il trattamento delle acque di condensazione nel trattamento metallurgico dell'acciaio).
Pur con queste considerazioni aggiuntive, l'elenco delle BAT indicato per l'Italia non si discosta sostanzialmente da quello dei BREF.

Nell'indicazione delle prestazioni, dove possibile, è stato riportato soltanto il limite superiore, stanti le incertezze che sugli impianti esistenti sono determinate dalla tipologia di macchina, dalla gestione e dalla manutenzione; graficamente è stata utilizzata la forma tabellare che ben si presta alla presentazione d'una Linea Guida.

5.2 IL CICLO INTEGRATO

5.2.1 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA — COKERIE

DESCRIZIONE	NOTE

1. *Preparazione della miscela di carbon fossile*

DESCRIZIONE	NOTE
– Assicurare il giusto livello di umidificazione del carbon fossile. – Captazione delle emissioni generate durante la frantumazione e/o vagliatura del carbon fossile e depolverazione mediante filtro a tessuto.	

2. *Caricamento della miscela di carbon fossile nelle batterie di forni a coke*

Utilizzo di una delle seguenti tecniche:

DESCRIZIONE	NOTE
– Caricamento "smokeless" con sistema che realizza una connessione a tenuta tra la macchina caricatrice ed il forno da caricare. Il caricamento del forno avviene con svuotamento simultaneo delle tramogge; la connessione a tenuta riguarda sia l'accoppiamento tra le tramogge fisse della caricatrice ed il forno da caricare, che il sistema di distribuzione del carbon fossile all'interno delle celle (ad es.: adozione di coclea, ecc…). Durante l'operazione di caricamento, il forno viene messo in depressione attraverso l'eiezione di vapore o acqua nel gomito del tubo di sviluppo, in modo da assicurare l'estrazione dei gas di caricamento dal forno. Il livellamento del cabon fossile all'interno del forno è effettuato per mezzo dell'asta spianante presente sulla macchina sfornatrice; il canale gas formatosi tra il pelo libero del carbon fossile e la volta del forno consente il deflusso dei gas di distillazione.	Questo sistema permette di mantenere i gas di caricamento all'interno del forno per essere trattati al sistema di trattamento del gas di cokeria.

– Caricamento con macchina caricatrice e "jumper pipe". Il caricamento del carbon fossile avviene con macchina caricatrice e l'aspirazione dei gas di caricamento viene realizzata da entrambi i lati del forno. Da una parte mediante il tubo di sviluppo e dall'altro mediante un "jumper pipe" di collegamento del forno in caricamento con un forno adiacente. Le emissioni sono ridotte per effetto della ripartizione dell'aspirazione dei gas di caricamento sui due lati della batteria. Il livellamento del cabon fossile all'interno del forno è effettuato per mezzo dell'asta spianante presente sulla macchina sfornatrice; il canale formatosi tra il pelo libero del carbon fossile e la volta del forno consente il deflusso dei gas di distillazione.	L'adozione di questo sistema è più compatibile con le nuove batterie di trattamento del gas di cokeria. Questo sistema necessita di ulteriori bocchette sul piano di carica della batteria, oltre a quelle già presenti per il caricamento e per il tubo di sviluppo, per realizzare di volta in volta il sistema di collegamento "jumper pipe" tra forni vicini. Si ha quindi un ulteriore punto di possibile emissione durante la fase di cokefazione in caso di imperfetta tenuta tra gli accoppiamenti, in particolar modo sulle batterie esistenti.

3. *Cokefazione*

Utilizzo di una combinazione delle seguenti tecniche:

– Adozione di: a) porte a tenuta elastica su forni di altezza > 5 m; b) porte a tenuta rigida e ben manuntenute su forni di altezza ≤ 5 m;	Percentuale di porte con emissioni visibili sul totale delle porte installate: • ≤ 5% su nuovi impianti; • ≤10% su impianti esistenti
– Adozione di tubi di sviluppo dotati di coperchi a tenuta idraulica.	Percentuale di coperchi dei tubi di sviluppo con emissioni visibili sul totale dei coperchi installati: ≤ 1%
– Sigillatura dei coperchi di carica con malta liquida o con altro materiale idoneo.	Percentuale di coperchi di carica con emissioni visibili sul totale di coperchi installati: ≤ 1%
– Adozione di sportelletti di spianamento dotati di sistemi di chiusura a tenuta.	Percentuale di sportelletti con emissioni visibili sul totale di sportelletti installati: ≤ 5%

– Pulizia di porte e telai, dei coperchi e delle bocchette di carica, dei tubi di sviluppo.	
– Prevenzione delle perdite tra camera di distillazione e camera di combustione attraverso la regolarità delle operazioni di cokefazione e la riparazione delle rotture del materiale refrattario.	
– Buon mantenimento del canale gas all'interno del forno per il veicolamento dei gas di distillazione verso il tubo di sviluppo mediante: a) adeguato livellamento del carbon fossile tramite l'asta spianante durante la fase di caricamento del carbon fossile; b) periodico degrafitaggio della volta del forno e pulizia del tubo di sviluppo meccanicamente o con aria compressa.	
– Accurata manutenzione di forni, porte, telai, tubi di sviluppo, bocchette di carica e altre apparecchiature.	
– Utilizzo di gas coke desolforato	Le tecniche di desolforazione sono riportate nella fase di processo: trattamento gas di cokeria
– Utilizzo di tecniche low-NOx tramite la combustione a stadi nella costruzione di nuove batterie di forni a coke.	Concentrazione di NOx nei fumi di combustione di una nuova/moderna cokeria: ≤ 770 mg/Nmc Questa tecnica nasce integrata con il processo, e risolve il problema all'origine. Il sistema è strutturalmente legato al tipo di batteria e non può essere oggetto di implementazione su batterie esistenti se non già dotate di tale tipo di combustione.

4. *Sfornamento del coke*

Utilizzo della seguente tecnica:	
– Sistema di captazione dei fumi generati nel punto di trasferimento del coke dal forno di distillazione al carro di spegnimento con convogliamento, dell'aeriforme captato dalla macchina guida coke e dal carro di spegnimento ad un sistema di depolverazione con un filtro a tessuto collocato a terra.	Emissioni convogliate di polveri dopo depolverazione: ≤ 5 g/t coke. Sugli impianti esistenti va ricercata una soluzione che si adatti all'impiantistica esistente, tenendo comunque presente che la mancanza di spazio è un elemento che è comunque vincolante per l'implementazione di tale tipo di tecnica.

5. *Spegnimento del coke*

Utilizzo della seguente tecnica:	
– Spegnimento ad umido in un'apposita torre al di sotto della quale viene posizionato il carro di spegnimento con il coke incandescente estratto dal forno. Sul coke viene convogliato un getto d'acqua che in parte evapora determinando un flusso di vapore acqueo che fuoriesce dalla sommità della torre. Questa deve essere dotata sulla sommità di setti per il trattenimento del particolato eventualmente trascinato dal flusso di vapore acqueo. Va evitato l'utilizzo di acqua con un rilevante carico organico, quale ad esempio l'effluente grezzo derivante dal trattamento del gas di cokeria.	Emissione di particolato con il flusso di vapore acqueo in uscita dalla torre di spegnimento: ≤ 50 g/t coke

6. *Trattamento del gas di cokeria*

Utilizzo della seguente tecnica:

– Sistema di trattamento del gas di cokeria grezzo in uscita dai forni di distillazione dotato di sistema di desolforazione secondo uno dei seguenti processi: a) Processi ad assorbimento b) Processi ossidativi	Contenuto di H_2S nel gas coke desolforato con "*processi ad assorbimento*": ≤ 1 g H_2S/Nmc Contenuto di H_2S nel gas coke desolforato con "*processi ossidativi*": ≤ 0,5 g H_2S/Nmc La realizzazione di un complesso sistema di desolforazione del gas di cokeria da inserire nel contesto dell'impiantistica esistente comporta il superamento di numerose difficoltà connesse alla natura dei processi tecnologici ed alla complessità della realizzazione con associati problemi legati alla necessaria ristrutturazione dell'impiantistica esistente. I processi ossidativi anche se permettono di ottenere una concentrazione residuale di H_2S nel gas di cokeria più bassa rispetto ai processi ad assorbimento, determinano però l'utilizzo e la formazione di sostanze tossiche che necessitano di essere trattate e/o smaltite con evidenti effetti negativi sotto il profilo della prevenzione dall'inquinamento.

– Adozione delle seguenti tecniche per la tenuta negli impianti di trattamento del gas di cokeria: a) utilizzo di pompe a tenuta; b) collettamento degli sfiati dei serbatoi con convogliamento nel gas di cokeria oppure effettuando la combustione dei gas di sfogo; c) minimizzazione del numero di flangie utilizzando, ove possibile, connessioni saldate.	

–	Pre-trattamento delle acque di scarico mediante lo stripping dell'ammoniaca utilizzando alcali. In particolare l'ammoniaca viene rimossa in colonne di distillazione la cui efficienza di rimozione dipende dal vapore e dagli alcali addizionati al sistema (ad es. NaOH), oltre che dal tipo di colonna. Normalmente l'effluente derivante dallo stripping dell'ammoniaca non contiene catrame, ma se questo è significativamente presente, risulterebbe necessaria la sua rimozione per evitare effetti negativi sul funzionamento dello stadio di trattamento biologico.	Concentrazione di ammoniaca teoricamente raggiungibile nelle acque di stripping: 20 mg/l Tenendo presente che sono previsti trattamenti successivi di nitrificazione-denitrificazione, lo stripping dell'ammoniaca non deve essere così spinto dovendo comunque raggiungere il punto di miglior equilibrio con il successivo stadio di trattamento biologico.

–	Trattamento biologico integrato con stadio di nitrificazione e denitrificazione. La tecnica biologica più comunemente applicata per il trattamento dei reflui di cokeria è il trattamento biologico aerobico con fanghi attivi e con stadio di nitrificazione - denitrificazione . <u>Sistema aerobico a fanghi attivi</u> Nel sistema aerobico a fanghi attivi, i contaminanti biodegradabili sono degradati biologicamente a CO_2 e H_2O e i minerali e i componenti non degradabili, sono rimossi dalla fase acquosa mediante parziale adsorbimento sui fanghi attivi. In pratica, la maggior parte dei contaminanti come fenoli, cianuri e idrocarburi aromatici, sono degradati biologicamente e i metalli pesanti e altri composti non degradabili sono parzialmente rimossi per adsorbimento sui fanghi attivi. <u>Nitrificazione</u> Il sistema di trattamento aerobico a fanghi attivi può essere preso come punto di partenza per lo stadio di nitrificazione. I batteri nitrificanti trasformano l'ammonio in nitrato.	Valori raggiungibili allo scarico di un impianto di trattamento biologico integrato con nitrificazione- denitrificazione: • Rimozione COD: $\geq$ 90%; • Solfuri: $\leq$ 0,1 mg/l; • IPA (6 Bornef): $\leq$ 0,05 mg/l • CN- : $\leq$ 0,1 mg/l; • Fenoli : $\leq$ 0,5 mg/l • Somma di NH_4-,NO_3-,NO_2: $\leq$ 30 mgN/l; • Solidi sospesi: $\leq$ 40 mg/l

Denitrificazione Per ottenere basse concentrazioni di tutti i composti contenenti azoto è necessario un ulteriore trattamento anaerobico. Sono possibili diverse varianti di impianto, ma buoni risultati possono essere ottenuti con il cosiddetto trattamento di pre–denitrificazione(DN)– nitrificazione(N). Nel sistema pre–DN/N, il sistema a fanghi attivi aerobico viene usato come punto di partenza . Prima che il relfuo sia aerato, viene aggiunta l'acqua ricca di nitrati derivante dallo stadio di nitrificazione. In condizioni anaerobiche, i batteri usano, come fonte di ossigeno per la degradazione del carbonio organico, l'ossigeno dei nitrati. L'azoto del nitrato viene quindi trasformato in azoto gassoso.	

7. ***Trattamento del coke***

– Assicurare il giusto livello di umidificazione del coke. – Captazione delle emissioni generate durante la frantumazione e/o vagliatura del coke e depolverazione mediante filtro a tessuto.	

5.2.2 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**AGGLOMERATO**
DESCRIZIONE	**NOTE**

1. *Omogeneizzazione e miscelazione delle materiali*

• Assicurare il giusto livello di umidificazione dei materiali inviati all'omogeneizzazione per limitare le eventuali emissioni che possono generarsi durante la manipolazione, il trasferimento e la preparazione del cumulo di omogeneizzato. • Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la miscelazione dei materiali e/o frantumazione del coke, con relativa depolverazione mediante elettrofiltro. Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di vagliatura dell'agglomerato.	

2. *Sinterizzazione*

• Adozione di una delle seguenti tecniche per la depolverazione dei fumi dal processo di agglomerazione: – precipitatori elettrostatici tecnologicamente avanzati quali: • gli elettrofiltri MEEP (Moving Electrode Electrostatic Precipitator), dotati di una serie di placche captatrici mobili e che vengono continuativamente pulite meccanicamente mediante l'azione di spazzole rotanti; ciò permette di rimuovere efficacemente lo strato di polvere che si deposita sulla superfice	Nella quasi totalità degli impianti di agglomerazione europei l'abbattimento delle emissioni è realizzato con precipitatori elettrostatici. I precipitatori tecnologicamente avanzati possono essere sostitutivi degli elettrofiltri tradizionali, oppure essere installati,

delle placche di captazione, migliorando in tal modo l'effetto del campo elettrico e quindi l'efficienza di abbattimento; • gli elettrofiltri con sistema di alimentazione energetica pulsante. Il picco di tensione è più alto con una energizzazione pulsante e si ha quindi una migliore carica delle particelle di polvere con positivi effetti sull'efficienza di abbattimento; • gli elettrofiltri che operano ad alto voltaggio (70–200 KV). Ciò è possibile attraverso una più ampia spaziatura tra le placche captatrici. Un più elevato campo elettrico determina un miglioramento dell'efficienza di abbattimento. Con l'iniezione a monte degli elettrofiltri di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F. In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute negli elettrofiltri. Le polveri derivanti dall'ultimo campo di depolverazione elettrostatica non dovrebbero essere riciclate nell'impianto di agglomerazione per ridurre le emissioni di metalli pesanti;	ove possibile, a valle di questi ultimi, ottenendo in quest'ultimo caso un più elevato rendimento di abbattimento complessivo. In alternativa, nel caso di impianti esistenti, la tecnica MEEP può essere installata sull'ultimo campo di un elettrofiltro tradizionale. Il tipo di soluzione che può essere adottata dipende dalla situazione impiantistica e di lay-out specifica del sito. Particolare attenzione deve essere posta nel caso dell'adozione della tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio. Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti: – concentrazione di polveri : $\leq$ 50 mg/Nmc; – concentrazione di PCDD/F : $\leq$ 0,5 ng TEQ/Nmc (con iniezione di carbone e/o additivi)

– preabbattimento con precipitatori elettrostatici tradizionali, più filtro a tessuto. Con l'iniezione a monte del filtro a tessuto di polvere di carbone e/o altri additivi è possibile ridurre anche le emissioni di PCDD/F. In particolare le PCDD/F allo stato gassoso sono adsorbite sulla polvere di carbone e/o altro e vengono poi abbattute nel filtro a tessuto. L'additivazione di calce in ingresso al filtro a tessuto consentirebbe di ridurre le emissioni di metalli pesanti;	L'applicazione di filtri a tessuto per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata per l'elevata abrasività delle polveri, per effetti di impaccamento delle maniche filtranti per la presenza di alcali, per l'elevata perdita di carico che i filtri a tessuto determinano con conseguente significativo aumento dei consumi energetici anche in relazione agli elevati volumi di gas da trattare, per problemi di lay-out particolarmente rilevanti nel caso di impianti esistenti. I filtri a tessuto necessitano di essere esclusi dalla filtrazione in fase di avviamento e fermate impianti, ove in particolare la temperatura

	fumi è più bassa del dew-point. Particolare attenzione deve essere posta nel caso di adozione della tecnica di iniezione di polvere di carbone e/o altri additivi per la riduzione delle emissioni di PCDD/F, per evitare rischi di incendio. Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abbattimento, sono le seguenti: – concentrazione di polveri : $\leq$ 20 mg/Nmc – concentrazione di PCDD/F : $\leq$ 0,5 ng TEQ/Nmc (con iniezione di carbone c/o additivi)
– preabbattimento con precipatori elettrostatici tradizionali o cicloni, più sistema di abbattimento ad umido (Airfine o Wetfine). In particolare i fumi di agglomerazione in uscita dal sistema di preabbatimento mediante elettrofiltro o cicolone, vengono inviati ad uno stadio di quencing con acqua in modo da avere un aeriforme freddo e saturo. In uscita dalla stadio di quencing i fumi possono essere avviati ad un sistema "Fine Scrubber System" basato sull'inizione congiunta ad alta pressione di getti di acqua ed aria nella corrente gassosa, oppure ad un sistema di "Wet Electrostatic Precitator" in cui le particelle caricate elettricamente vengono attratte dagli elettrodi e rimosse dagli stessi mediante spruzzi di acqua. Le acque derivanti dalla depurazione ad umido, che contengono i cloruri di metalli solubili in acqua, devono essere trattate e per quanto possibile riciclate.	L'applicazione di sistemi di abbattimento ad umido per la depolverazione dei fumi di agglomerazione è una tecnica raramente applicata, ed è limitata a impianti di minore capacità e con volumi ridotti di fumi da trattare. Inoltre il sistema di abbattimento ad umido determina un significativo aumento dei consumi di enegia e dà origina a dei reflui che richiedono un loro trattamento con un impatto ambientale aggiuntivo. Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni normali, dopo abtaimento, sono le seguenti: – concentrazione di polveri : $\leq$ 50 mg/Nmc; – concentrazione in PCDD/F: $\leq$ 0,4 ngTEQ/Nmc.

• Ricircolo dei fumi di processo sulla macchina di agglomerazione se la qualità dell'agglomerato prodotto e la produttività dell'impianto non vengono influenzate. In linea di principio i fumi di agglomerazione, dopo depolverazione possono essere parzialmente riciclati sulla macchina di agglomerazione ed in parte evacuati in atmosfera. Il riciclo potrebbe avvenire anche per settori. I fumi riciclati in pratica vanno a sostituire parte dell'aria che attraversa il letto di agglomerazione, con l' effetto di ridurre i volumi di fumi scaricati in atmosfera (riduzione di ca. 40-50%) e di determinare conseguentemente un beneficio sul flusso di massa degli inquinanti emessi (polveri, SO_2, NO_x, ecc…). Tale tecnica potrebbe anche essere considerata una forma di recupero energetico, considerando comunque che l'entità del recupero è contrastata dai maggiori consumi necessari per il riciclo dei fumi.	Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile: – superare i problemi di lay-out; – ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità del recupero energetico; – adottare le più idonee misure di contenimento atte a limitare la possibile dispersione di fumi contenti monossido di carbonio nell'ambiente di lavoro con rischi di avvelenamento del personale addetto, cosa che invece non è possibile assicurare nel caso di impianti esistenti; – contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo risulterebbero proibitivi in particolar modo per gli impianti esistenti.
• Riduzione del contenuto di idrocarburi volatili nella miscela di agglomerazione evitando l'uso di antracite ed utilizzando solo carbon coke come combustibile nel processo di sinterizzazione, nonché dosando il contenuto di polveri e scaglie oleose riciclate nella miscela di agglomerazione. Inoltre una riduzione del contenuto di idrocarburi nelle scaglie di laminazione potrebbe essere ottenuto attraverso un'accurata manutenzione delle tenute, guarnizioni, pompe, ecc… degli impianti di laminazione.	
• Utilizzo di minerali di ferro e coke con un ridotto contenuto di zolfo, per la limitazione delle emissioni di SO_2 presenti nei fumi di processo	Questa tecnica è integrata con il processo è risolve il problema all'origine. Le emissioni convogliate in atmosfera raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti: concentrazione di SO_2: $\leq$ 500 mg/Nmc

3. ***Raffreddamento e trattamento agglomerato***

• Recupero del calore sensibile dei fumi derivanti dal raffreddamento agglomerato. Il calore recuperato può essere utilizzato, a seconda delle necessità e possibilità impiantistiche, per la produzione di vapore, oppure per il preriscaldo dell'aria comburente nel fornetto di accensione, oppure per il preriscaldo dei materiali. Nel caso di produzione di vapore, i fumi caldi captati nella zona di ingresso nel raffreddatore rotante, vengono depolverarti in separatori ciclonici e quindi inviati in una caldaia per la produzione vapore. In uscita dalla caldaia, i fumi a più bassa temperatura, in parte vengono ricircolati ed in parte sono convogliati in atmosfera.	Il ricircolo dei fumi di processo può essere adottato su nuovi impianti dove, in fase progettuale, potrebbe essere possibile: – superare i problemi di lay-out; – ottimizzare il sistema di recupero in modo da rendere apprezzabile l'entità di risparmio energetico; – contenere i costi realizzativi che per un sistema di tale tipo sono in genere molto elevati.

• Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri che possono generarsi durante la frantumazione e vagliatura dell'agglomerato con relativa depolverazione mediante elettrofiltro. Possono essere adottati, a seconda delle necessità e delle condizioni di lay-out impiantistici, sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che possano asservire sia la suddetta fase di processo che quella di miscelazione dei materiali in carica.	

4. ***Gestione residui***

Per quanto possibile dovrebbe essere adottata: – la minimizzazione della produzione dei rifiuti; – il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i residui contenenti ferro e carbonio come ad esempio polverino d'altoforno, fanghi dai sistemi di trattamento ad umido, scaglie di laminazione, ecc…; – lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.	

5.2.3 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**ALTOFORNO**
DESCRIZIONE	**NOTE**

1. ***Caricamento materiali***

– Adozione di sistemi di captazione delle emissioni di polveri della vagliatura materiali della stock-house e loro depolverazione mediante abbattimento ad umido o filtri a tessuto. Nel caso di depolverazione con sistemi ad umido, il trattamento delle acque reflue può essere effettuato congiuntamente con il trattamento delle acque derivanti dalla depurazione ad umido del gas di altoforno.	

2. ***Generazione del vento caldo***

Nella produzione di vento caldo a mezzo cowpers si può ottimizzare l'efficienza energetica nei seguenti modi: – Recupero del calore sensibile dei fumi con preriscaldo dell'aria comburente e/o del combustibile alimentato ai cowpers. – Impiego di idonei bruciatori e controllo del processo di riscaldo.	Il recupero energetico non è economicamente e tecnicamente applicabile in generale sugli impianti esistenti e se la temperatura dei fumi è troppo bassa (< 250 °C). Il preriscaldo dell'aria e/o del combustibile alimentato ai cowpers determina in ogni caso un aumento della formazione di NOx. Emissioni con i fumi di combustione dei cowpers: – polveri: $\leq$ 10 mg/Nmc (3% O_2) – NOx: $\leq$ 350 mg/Nmc (3% O_2)

3. *Processo di riduzione in altoforno*

– Iniezione diretta di agenti riducenti in altoforno. In particolare l'iniezione di idrocarburi come ad esempio: carbon fossile polverizzato o granulare, olio combustibile, residui oleosi, catrame, residui plastici, gas naturale, permette la sostituzione di parte del coke utilizzato in altoforno, con conseguente effetto di riduzione delle emissioni e dei consumi energetici associati alla produzione di coke. L'agente riducente maggiormente utilizzato, ed iniettato a livello tubiere, è il carbon fossile polverizzato, opportunamente preparato attraverso processi di macinazione ed essiccamento (P.C.I. – Powdered Coal Injection).	Il coke è un componente insostituibile nel processo di produzione della ghisa in altoforno per cui la sua parziale sostituzione con agenti riducenti non può essere eccessivamente spinta e comunque non può superare determinati livelli. Il livello provato di iniezione di carbon fossile polverizzato in altoforno è di 180 Kg/t ghisa; tuttavia è da tenere presente che tale livello di iniezione è strettamente legato alla marcia dell'altoforno, alla stabilità del processo, alla qualità dei materiali alimentati, nonché alla qualità della ghisa e loppa prodotti.

– Recupero del gas di altoforno attraverso un sistema di collettori di raccolta posizionati nella parte alta, in prossimità della bocca, con relativo sistema di sicurezza per le eventuali sovrappressioni che possono verificarsi all'interno dell'altoforno.	Il recupero energetico è molto significativo, per le alte portate di gas (1200-2000 Nmc/t di ghisa), e può aggirarsi sui 5 GJ/t di ghisa.

– Depolverazione del gas di altoforno recuperato mediante un preabbattimento delle polveri grossolane con sistema a secco di separazione (*sacca a polvere)* e successivo trattamento di depurazione ad umido o, più raramente, con elettrofiltri.	

– Adozione sistema di recupero energetico della pressione di bocca dell'altoforno mediante turbina ad espansione collegata a un turboalternatore per la produzione di energia elettrica.	Questa tecnica può essere applicata su nuovi altoforni che operano con un'elevata pressione di bocca e con sistemi di depurazione gas opportunamente dimensionati con una ridotta perdita di carico. Su impianti esistenti non sempre sussistono i suddetti prerequisiti e quelli di realizzabilità (disponibilità del lay-out, vantaggio del recupero, ecc…).

Trattamento delle acque reflue derivanti dalla depurazione ad umido del gas di altoforno, con: – riciclo, per quanto possibile, delle acque trattate; – coagulazione e sedimentazione dei solidi sospesi.	Concentrazione di solidi sospesi dopo trattamento: ≤ 50 mg/l (media giornaliera)
Riciclaggio dei fanghi precipitati, per quanto possibile, all'impianto di agglomerazione e/o bricchettaggio. Questi fanghi sono caratterizzati da presenza di zinco che è di ostacolo al processo in altoforno. Se la parte di fanghi non riciclabile ha una distribuzione granulometrica tale da permettere una separazione rappresentativa delle particelle fini (più ricche in zinco) da quelle più grossolane (più povere di zinco), può essere operata l'idrociclonatura dei fanghi. La frazione più grossolana può quindi essere avviata a riciclo mentre la frazione fine viene inviata in discarica. Per fanghi ad elevato contenuto di umidità può essere operata la disidratazione mediante letti di essiccamento o attraverso filtrazione meccanica (ad esempio: filtro pressa, filtro a tamburo sottovuoto, filtro centrifugo, ecc…).	Per la tipologia di fanghi prodotti non sempre è adottabile il processo di idrociclonatura in quanto non si otterrebbe un ragionevole e vantaggioso effetto di separazione, e quindi un significativo incremento della quantità di fanghi da poter riciclare.

4. ***Colaggio ghisa e loppa***

– Adozione di sistema di captazione delle emissioni che si generano dalle operazioni di colaggio della ghisa e della loppa e loro relativa depolverazione mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.	Emissione convogliata di polveri dopo abbattimento: ≤ 15 mg/Nmc

Riduzione delle emissioni durante la colata nelle rigole. Si può raggiungere questo obiettivo con le seguenti attività: – adozione di materiale refrattario non legato con catrame per il rivestimento delle rigole; – copertura delle rigole; – adozione di un sistema di inertizzazione dei prodotti fusi con azoto per la	La copertura delle rigole può essere adottata laddove la tipologia di ghisa prodotta lo consenta; infatti per alcune campagne di ghisa caratterizzate da maggiore viscosità (con conseguente difficoltà di deflusso nelle rigole), si rende necessario disporre di canali aperti per poter intervenire meccanicamente al fine di agevolare il deflusso del materiale.

riduzione della formazione dei fumi durante le operazioni di colaggio, in alternativa alla installazione di sistemi di captazione e depolverazione, nel caso in cui il design dell'impianto permette la sua adozione e se vi è una sufficiente disponibilità di azoto. La captazione e depolverazione delle emissioni dal foro di colata resta comunque necessaria.	L'insufflaggio di azoto che si diffonde nell'ambiente di lavoro può determinare problemi di sicurezza per il personale (problemi di asfissia) per cui l'eventuale adozione di tale tecnica necessita di misure aggiuntive tese ad assicurare un'adeguata ventilazione degli ambienti di lavoro ed il loro monitoraggio.

5. ***Trattamento loppa***

– Adozione di sistema di granulazione della loppa con raffreddamento ad acqua di mare se a circuito aperto o ad acqua dolce con relativo riciclo. – Condensazione dei vapori di granulazione della loppa, nel caso vi siano problemi di odori.	La condensazione è applicabile soprattutto nella realizzazione di nuovi altiforni; negli stabilimenti esistenti, problemi di lay-out, di compatibilità con l'impiantistica esistente ed elevati costi di realizzazione, rendono in genere impraticabile la realizzazione dell'intervento, i cui benefici devono essere valutati anche in relazione ai consumi energetici richiesti dal circuito dell'acqua ed alle emissioni conseguenti alla produzione di energia.

6. ***Gestione dei residui***

Per quanto possibile si consiglia di adottare: – la minimizzazione della produzione dei rifiuti; – il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di abbattimento ad umido, ecc…,tal quali e/o tramite bricchettaggio; il riutilizzo della loppa (ad es.: in cementeria, per la costruzione di strade, ecc…); – lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.	

5.2.4 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**ACCIAIERIE AD OSSIGENO E COLATE CONTINUE**
DESCRIZIONE	**NOTE**

1. ***Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa***

– Adozione di un sistema di captazione delle emissioni determinate: • nella fase di versamento della ghisa dal carro siluro alla siviera; • nella fase di trattamento della ghisa (desolforazione e scorifica). e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto o elettrofiltro.	Emissioni convogliate di polveri dopo abbattimento: • ≤ 15 mg/Nmc con filtro a tessuto; • ≤ 30 mg/Nmc con elettrofiltro.

2. ***Affinazione della ghisa***

– Adozione di un sistema di aspirazione dei gas di acciaieria che si sviluppano durante il processo di affinazione in convertitore ed applicazione di una delle seguenti tecniche per il recupero di energia: ▪ combustione soppressa con recupero del gas di acciaieria, depolverazione, stoccaggio in gasometro e suo riutilizzo come combustibile. Nella combustione soppressa il recupero del gas è relativo alla parte centrale della fase di soffiaggio ossigeno in convertitore, quando più alta è la percentuale di ossido di carbonio nel gas. Il gas che si sviluppa durante la fase iniziale e la fase finale del processo di affinazione in convertitore, per la durata di pochi minuti, non viene recuperato ma combusto in torcia. Tale sistema consente anche il recupero del calore sensibile ceduto dal raffreddamento del gas ed il suo utilizzo per la produzione di vapore; ▪ combustione del gas di acciaieria con relativa generazione di vapore.	La combustione del gas di acciaieria è adottata negli impianti esistenti, nei casi in cui non è fattibile il recupero e l'utilizzo del gas di acciaieria, o non vi è convenienza dal punto di vista energetico.

– Depolverazione del gas di acciaieria aspirato mediante lavatori venturi ad umido o elettrofiltri a secco.	In linea di principio, nel caso di adozione della combustione soppressa, i sistemi di depolverazione sono dimensionati per un minor flusso volumetrico di gas da trattare.

– Chiusura del foro di ingresso della lancia ossigeno durante il soffiaggio o insufflaggio di gas inerte per limitare l'eventuale dispersione di gas e particolato.	

– Adozione di un sistema di captazione delle emissioni durante le fasi di carica del convertitore e di spillaggio acciaio; conseguente depolverazione dei fumi captati mediante l'utilizzo di filtri a tessuto o elettrofiltri a secco, oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di abbattimento.	Emissioni convogliate di polveri dopo abbattimento: • ≤ 15 mg/Nmc con filtro a tessuto; • ≤ 30 mg/Nmc con elettrofiltro A seconda delle necessità ed in relazione ai lay-out impiantistici, possono essere adottati sistemi di captazione e depolverazione centralizzati che asservano più fasi di processo (carica e spillaggio convertitore, versamento della ghisa da carro siluro alla siviera; trattamento ghisa, trattamenti acciaio).

– Ricircolo delle acque utilizzate dal sistema di depolverazione ad umido del gas di acciaieria; ciò presuppone: ▪ un sistema di trattamento delle acque di lavaggio, come la coagulazione e la sedimentazione dei solidi sospesi; ▪ nei sistemi a combustione soppressa, un più elevato livello di ricircolo può essere ottenuto attraverso l'iniezione di CO_2 nelle acque, prima dello stadio di sedimentazione, per favorire la precipitazione dei carbonati.	Concentrazione di solidi sospesi: 20 mg/l

3. *Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio*

– Adozione della captazione delle emissioni che si generano durante i processi di trattamento metallurgico secondario dell'acciaio e conseguente depolverazione dei fumi captati mediante filtro a tessuto oppure con qualsiasi altra tecnica che abbia lo stesso livello di efficienza di abbattimento.	Concentrazione di polveri dopo abbattimento con filtro a tessuto: ≤ 15 mg/Nmc

– Trattamento delle acque derivanti dai condensatori del vapore per il vuoto ai sistemi RH mediante filtrazione e raffreddamento in torri, con riciclo delle acque per quanto è possibile.	

4. *Colaggio acciaio*

– Trattamento delle acque derivanti dai raffreddamenti diretti in colata continua mediante: ▪ sistema di coagulazione e sedimentazione dei solidi sospesi; ▪ sistema di rimozione dell'olio; ▪ riciclo delle acque di lavaggio per quanto è possibile.	

5. *Gestione dei residui*

Per quanto possibile si consiglia di adottare: – la minimizzazione della produzione dei rifiuti; – il riciclaggio dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili, tra cui principalmente il materiale ferroso, le scorie di acciaieria, le polveri derivanti dalle depolverazioni a secco, i fanghi derivanti dai sistemi di depolverazione ad umido del gas di acciaieria, le polveri derivanti dalla depolverazione con elettrofiltri a secco del gas di acciaieria tramite bricchettaggio, ecc… Riguardo al recupero di queste polveri, le bricchette vengono riutilizzate nella carica del convertitore e/o in altoforno. Invece del bricchettaggio, per particolari condizioni operative ed ove possibile può essere adottato un processo di pellettizzazione. – lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.	

5.2.5 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**STOCCAGGIO E MANIPOLAZIONE DI MATERIE PRIME, PRODOTTI INTERMEDI E AUSILIARI**
DESCRIZIONE	**NOTE**

1. *Stoccaggio materiali solidi*

Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

• *Stoccaggio in cumuli a cielo aperto*	
– formazione di cumuli in modo tale da limitare l'esposizione all'effetto del vento come ad esempio: cumuli ad asse longitudinale parallelo alla direzione del vento prevalente, cumuli di maggiori dimensioni rispetto a più cumuli di minore capacità, cumuli conici o troncoconici che abbiano idonee proporzioni in modo da limitare la superficie esposta;	Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tale misura sono principalmente: la sfavorevole posizione del sito, la presenza di infrastrutture come strade, ferrovie, strutture, ecc.. che non possono essere modificate, l'indisponibilità del lay-out, la necessità di formazione di cumuli diversi sia per le diverse tipologie e qualità dei materiali che per assicurare la costante alimentazione degli impianti, la pendenza dei cumuli è quella assunta naturalmente dal materiale, ecc….
– spruzzaggio di una soluzione di filmante sulla superficie dei cumuli di materiale che possono presentare un'elevata tendenza allo spolveramento in modo da creare un film superficiale di aggregazione delle particelle di materiale resistente all'azione del vento;	La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva principalmente da possibili effetti di danneggiamento del materiale sottoposto all'azione dell'agente filmante o da necessità di continua movimentazione del materiale.
– umidificazione della superficie dei cumuli di materiale, non sottoposti all'azione della filmatura;	Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l'applicazione di tale misura sono ad esempio la deteriorabilità del materiale con l'umidità, la mancanza di risorse idriche, ecc… Inoltre tale misura non viene ad essere applicata in caso di clima piovoso e/o freddo.

– copertura dei cumuli con teli o inerbimento della superficie dei cumuli, solo nel caso di stoccaggi per periodi molto lunghi in cui il materiale non viene ad essere movimentato;	
– sospensione, se possibile, dell’attività di messa a parco e ripresa del materiale in caso di forte vento;	La principale limitazione che può non rendere possibile l’applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell’attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.
– adozione di sistemi protettivi dall’azione del vento come recinzioni, reti protettive, piantumazione di alberi, adozione di colline artificiali, muri di contenimento.	Le principali limitazioni che possono non rendere possibile l’applicazione di tali misure derivano da problemi di lay-out, presenza di infrastrutture che non possono essere modificate, limitazioni della capacità di stoccaggio.

• *Stoccaggio in sili o in sistemi coperti*	
– lo stoccaggio in sili può essere applicato quando la quantità di materiale da stoccare non è elevata o nel caso di stoccaggio di materiali che possono deteriorarsi sotto l’azione degli agenti atmosferici. Per la limitazione delle emissioni che possono derivare nella fase di riempimento e/o ripresa del materiale dai sili può essere operata l’umidificazione prima dell’insilaggio e/o allo scarico. Tale tecnica è generalmente applicabile agli impianti esistenti dove maggiori sono i problemi di lay-out. In alternativa e ove possibile, possono essere adottati sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo di sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.	Tali tecniche di stoccaggio non sempre sono applicabili per motivi tecnici, logistici e/o economici.

– per lo stoccaggio di materiali in quantità non elevata e che possono deteriorarsi sotto l'azione degli agenti atmosferici, possono essere adottati sistemi di stoccaggio coperti che sono in genere costituiti da tettoie, capannoni, cupole.	

2. ***Trasferimento e manipolazione materiali solidi***

Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche:

– adozione, ove possibile, di sistemi di trasporto continuo, come l'utilizzo di nastri trasportatori, in alternativa al trasporto discontinuo (ad esempio a mezzo pala, camion, ecc..). Il tipo di sistema di convogliamento dipende dal tipo di materiale trasportato, dalla situazione logistica e deve essere valutato caso per caso. Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali poco o moderatamente polverosi e/o umidificabili, quali ad esempio i minerali di ferro, i carbon fossili, il calcare in pezzatura, il coke, l'agglomerato, ecc…, possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali con una delle seguenti tecniche o una appropriata combinazione delle stesse: – sistemi di protezione dall'azione del vento; – umidificazione o nebulizzazione d'acqua nei punti di trasferimento del materiale; – pulizia del nastro mediante raschiatori o altro idoneo sistema. Nel caso di utilizzo di sistemi di trasporto continuo, per materiali molto polverosi e non umidificabili, quali ad esempio la calce, il carbon fossile polverizzato secco, ecc… possono essere applicati nastri trasportatori convenzionali protetti e adozione, ove possibile, nei punti di trasferimento del materiale di sistemi di captazione e depolverazione. Il tipo e la necessità del sistema di depolverazione deve essere valutato caso per caso.	Per gli impianti esistenti l'applicazione di sistemi di trasporto continuo non è sempre possibile per motivi di lay-out, tecnici e/o economici, trattandosi di una tecnica notevolmente costosa.

Per nuovi stabilimenti che necessitano del trasporto continuo di materiali molto polverosi e non umidificabili, possono essere applicati sistemi di trasporto chiusi o sistemi che racchiudono il materiale trasportato all'interno del nastro (ad esempio nastri tubolari), la cui adozione comunque necessita di complesse infrastrutture in particolar modo nel caso in cui è necessario coprire lunghe distanze; – nel caso di utilizzo di pale meccaniche deve essere per quanto possibile ridotta l'altezza di caduta del materiale scegliendo la migliore posizione durante il carico dei mezzi di trasporto; – sospensione, se possibile, dell'attività di carico e scarico effettuata all'esterno in caso di forte vento (>20 m/s); – adozione di un'adeguata velocità dei mezzi di trasporto in modo da limitare il possibile sollevamento della polvere durante l'attraversamento di strade, piste, ecc…; – adozione, ove possibile, di strade asfaltate che possono essere facilmente pulite con idonei sistemi di pulizia (spazzatrici, ecc…); – adozione, ove possibile, della pulizia delle ruote dei mezzi con acqua, in modo da limitare l'eventuale sollevamento di polvere durante la movimentazione su strada; – minimizzazione dell'altezza di caduta libera e della velocità di carico e scarico di materiali molto polverosi adottando ad esempio: deflettori, sistemi di regolazione di uscita del materiale, scivoli, tramogge, tubi in cascata, ecc…; – adozione di un sistema di spruzzaggio di acqua per prevenire la formazione di polvere durante le attività di carico e scarico di materiali molto polverosi. Lo spruzzaggio di acqua può essere effettuato attraverso	La principale limitazione che può non rendere possibile l'applicazione di tale misura deriva da effetti dannosi agli impianti per la interruzione dell'attività e/o per la mancata alimentazione delle materie prime.

l'utilizzo di sistemi fissi o mobili. Per materiali che non possono essere umidificati può essere adottato un sistema di nebulizzazione di acqua o lo spruzzaggio di acqua con additivi; – nel caso di scarico materiali con benna il materiale deve essere rilasciato nella tramoggia e la benna deve stazionare per il tempo sufficiente alla discarica. La zona di scarico in tramoggia, può essere dotata di un sistema di spruzzaggio di acqua da attivare all'occorrenza; Per le nuove benne dovrebbero essere applicate le seguenti proprietà: – idonea forma geometrica; – idonea capacità e volume di carico; – idonea superficie interna che limiti l'adesione del materiale; – buona capacità di chiusura. Nello scarico dei materiali da navi, oltre all'utilizzo di scaricatori dotati di benne, possono essere adottati scaricatori continui in cui il materiale viene estratto dalle stive della nave a mezzo di un elevatore flessibile che convoglia il materiale direttamente sul nastro convogliatore di trasferimento.	

5.3 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**ACCIAIERIA ELETTRICA**
DESCRIZIONE	**NOTE**

Movimentazione rottami

• Pulizia e umidificazione piazzali materiale	

Movimentazione additivi

• Pulizia piazzali • Adozione di sistemi di stoccaggio e trasporto con aspirazione e sistemi di abbattimento delle polveri	

Carica del forno fusorio (EAF) - Fusione - Scorifica e spillaggio

• E' considerata BAT il controllo della qualità del materiale in ingresso.	
• Aspirazione delle polveri sia primarie che secondarie, tramite uno dei seguenti sistemi: - combinazione di estrazione dei fumi direttamente dal 4° o 2° foro del forno ed una cappa opportunamente dimensionata atta a raccogliere quanto sfuggito al primo sistema; - dog-house e cappa; - dog-house ed aspirazione dal 4° foro; - sistema di aspirazione totale applicato all'edificio complessivo relativo all'acciaieria.	La costruzione di sistemi di aspirazione totali applicati all'edificio complessivo richiede ulteriori installazioni di notevole entità per assicurare l'abbattimento delle polveri. I costi per gli operatori sono elevati e bisogna tenere conto che impianti di questo tipo se arrivano ad una riduzione delle emissioni diffuse all'esterno possono comportare effetti indesiderati negli ambienti di lavoro. Come conseguenza occorre un'accurata valutazione dei costi-benefici. Queste tecniche possono consentire di ottenere un'efficienza di aspirazione delle polveri primarie e secondarie pari al 98%.

• Abbattimento a secco con filtro a maniche delle polveri captate.	Emissione convogliata di polveri dopo abbattimento: ≤ 15 mg/Nmc (media giornaliera) per impianti esistenti

• Riduzione dei composti organoclorurati (PCDD/F e PCB in particolare) con l'uso di appropriati sistemi di post-combustione seguiti da un rapido raffreddamento oppure con insufflazione di polvere di lignite o di altri agenti adsorbenti (carbone attivo ecc): – Ottimizzazione della post-combustione. A causa della rilevanza de novo synthesis di PCDD/F è importante che il raffreddamento dei fumi consenta un rapido attraversamento della fascia di temperatura caratteristica di questo fenomeno; questo può essere ottenuto ad esempio con una torre di quenching o mediante altri sistemi che garantiscano un rapido raffreddamento degli esausti.	Le emissioni in atmosfera raggiungibili in condizioni ottimali sono le seguenti: – concentrazione di PCDD/F: ≤ 0,5 ng I-TEQ/Nm^3
– Iniezione di polvere di lignite o di altri agenti adsorbenti nel condotto fumi prima dei filtri a maniche. La polvere di lignite viene poi separata dal gas esausto nei filtri a maniche e smaltita con le polveri abbattute.	L'iniezione di polvere di lignite determina rischi di incendi per cui particolare attenzione deve essere posta nel caso di adozione di tale tecnica.
• Sistema ad acqua a circuito chiuso per il raffreddamento del forno	

Trattamenti di metallurgia secondaria

– Adozione di un sistema di aspirazione localizzato, in generale con convogliamento dell'aeriforme alla linea fumi del forno EAF	

Colata continua o in fossa dell'acciaio

• Trattamento dell'acqua usata per il raffreddamento sia delle apparecchiature che del prodotto in uscita dalle colate continue, con riciclo per quanto possibile delle acque trattate. Il sistema di trattamento acque può essere comune a quello degli impianti per la laminazione. Il consumo di acqua è limitato al reintegro delle perdite per evaporazione, smaltimento fanghi, etc. • Impiego di polveri di copertura e/o coperchi sopra le siviere acciaio.	

Riscaldo siviere

• Adozione, ove possibile, di un sistema di aspirazione dei fumi di primo riscaldo delle siviere con convogliamento all'impianto di trattamento dei fumi EAF o ad appositi impianti di trattamento.	

Movimentazione, trattamento e stoccaggio scoria

– Pulizia ed umidificazione dei piazzali durante la movimentazione della scoria	

Gestione residui

Per quanto possibile dovrebbe essere adottata: – la riduzione della quantità di rifiuti solidi; – il riciclaggio, per quanto possibile, dei residui e dei sottoprodotti riutilizzabili tra cui principalmente le polveri e le scorie di acciaieria; – lo smaltimento in idonea discarica dei residui non riciclabili.	Per quanto riguarda la scoria proveniente direttamente dal forno elettrico, dopo la deferrizzazione, può essere riutilizzata per le sue buone caratteristiche meccaniche e resistenza agli agenti atmosferici. La tecnica consigliata per il recupero è quella prevista nel decreto sul riutilizzo dei rifiuti non pericolosi. Nell'applicazione di questa tecnica deve però essere revisionata la prova di eluizione prevista per il recupero di massa.

5.4 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA	**LAMINAZIONE A CALDO**
DESCRIZIONE	**NOTE**

1. *Condizionamento semilavorato*

– Adozione delle seguenti tecniche alla scarfatura tramite macchinario fisso: ▪ sistema di captazione delle emissioni e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto o mediante elettrofiltro a secco o ad umido (nel caso di fumi molto umidi) . ▪ trattamento delle acque derivanti dalla filtrazione ad umido per la separazione dei solidi.	Tali tecniche sono applicabili ai nuovi impianti con macchinario fisso e non sono applicabili per operazioni manuali di scarfatura. Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti: – concentrazione di polveri dopo abbattimento: • con filtro a tessuto: ≤ 20 mg/Nmc • con elettrofiltro: ≤ 50 mg/Nmc

– Adozione di sistema di captazione delle emissioni che si verificano durante la molatura tramite sistema fisso e conseguente depolverazione dell'aeriforme captato mediante filtro a tessuto.	Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti: – concentrazione di polveri dopo abbattimento: ≤ 20 mg/Nmc Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti con macchinario fisso e non è applicabile per operazioni manuali di molatura.

2. *Riscaldo del semilavorato*

Per i nuovi forni di riscaldo, in fase progettuale, possono essere considerate una combinazione delle seguenti tecniche:

– Adozione di idonee misure costruttive volte ad incrementare la durata del materiale refrattario, riducendone la possibilità di danneggiamento.	
– Adozione, per i forni a marcia discontinua, di refrattari a bassa massa termica in modo da ridurre le perdite legate all'accumulo di energia ed i tempi necessari per l'avviamento del forno.	
– Riduzione delle sezioni di passaggio dei materiali in ingresso ed in uscita dal forno (riduzione apertura porte, adozione di porte multi-segmento, etc), in modo da ridurre le perdite energetiche dovute alla fuoriuscita dei fumi e l'ingresso di aria esterna nel forno.	La riduzione dell'apertura porte, ossia il mantenimento di una minima apertura delle porte necessaria per il caricamento del materiale da riscaldare, può essere operata anche sugli impianti esistenti.
– Adozione di misure (ad es. supporti a bassa dissipazione di temperatura detti "cavalieri", guide inclinate nei forni a longheroni, sistemi di compensazione) per ridurre fenomeni di raffreddamento localizzato sulla base del materiale in riscaldo (skid marks), dovuti al contatto del materiale stesso con i sistemi di supporto all'interno del forno.	

– Adozione di un sistema di controllo della combustione. In particolare, il controllo del rapporto aria/combustibile è necessario per regolare la qualità della combustione, poiché assicura la stabilità della fiamma ed una combustione completa. Inoltre più il rapporto aria/combustibile è vicino a quello stechiometrico, più il combustibile è sfruttato in modo efficiente e più sono basse le perdite energetiche nei fumi.	Un sistema di controllo della combustione può essere applicabile anche agli impianti esistenti.

– Scelta del tipo di combustibile per il riscaldo dei forni (in funzione della disponibilità) ai fini della riduzione delle emissioni di SO_2. In un ciclo integrato possono essere utilizzati i gas di recupero siderurgici (gas di cokeria, gas di altoforno, gas di acciaieria), a volte miscelati con gas naturale. Nel caso di utilizzo del gas di cokeria, quest'ultimo può essere sottoposto, ove possibile, ad un processo di desolforazione presso gli impianti di produzione (cokerie). I combustibili liquidi sono in particolare utilizzati in caso di indisponibilità dei combustibili gassosi.	A seconda del combustibile utilizzato, le emissioni convogliate raggiungibili di SO_2 al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione sono: – Gas naturale: $SO_2 \leq 100$ mg/Nmc – Miscele di gas di recupero siderurgici con gas naturale: $SO_2 \leq 400$ mg/Nmc – Gas di recupero siderurgici (Gas coke desolforato, gas di altoforno e gas di acciaieria): $SO_2 \leq 800$ mg/Nmc – Olio combustibile ($S \leq 1\%$): $SO_2 \leq 1700$ mg/Nmc

– Adozione di bruciatori radianti sulla volta del forno, che per effetto della veloce dissipazione dell'energia, producono livelli emissivi di NOx più bassi.	

– Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx). I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione. Il preriscaldo dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.	Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti: • emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell'aria comburente: T preriscaldo aria comburente — NOx (mg/Nmc) (O_2 3%) < 200 °C — < 400 300 °C — fino a 450 400 °C — fino a 600 500 °C — fino a 800 700 °C — fino a 1500 800 °C — fino a 2300 900 °C — fino a 3500 1000 °C — fino a 5300 Sugli impianti esistenti risulterebbe possibile convertire i bruciatori convenzionali in bruciatori a basso NOx modificando i diffusori. I forni di riscaldo non funzionano in condizioni stabili durante l'avviamento e lo spegnimento; durante queste fasi, i livelli emissivi possono aumentare, così come pure quando i bruciatori operano a portate inferiori a quelle di targa (in funzione dell'apporto calorico richiesto).

– Recupero del calore dei fumi di combustione per preriscaldare all'interno dei forni continui, attraverso una zona di preriscaldo, il materiale caricato nei forni. In fase progettuale, può essere prevista all'interno del forno una zona di preriscaldo del materiale caricato, in modo da assicurare un adeguato recupero di calore dai fumi di combustione.	

– Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente. I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente fino a 600°C. I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C). In alternativa e ove vi è la necessità di vapore per il laminatoio a caldo, può essere possibile che il calore recuperato dai fumi di combustione sia utilizzato per la produzione di vapore o altro.	I sistemi rigenerativi possono essere in particolare utilizzati in forni discontinui, in quanto generalmente non sono dotati di una zona di preriscaldo. Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici. I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).

– Adozione della carica calda o della laminazione diretta. In tal modo può essere sfruttato il contenuto termico residuo dei prodotti semilavorati provenienti dalla colata continua, caricandoli ancora caldi nei forni di riscaldo, riducendo i tempi di stoccaggio del materiale. La laminazione diretta, rispetto alla carica calda, prevede temperature di infornamento più elevate.	L'applicabilità di queste tecniche è possibile per i nuovi stabilimenti in quanto è strettamente legata al layout degli impianti, dal momento che è necessario che la colata continua ed i forni di riscaldo siano vicini. Inoltre queste tecniche possono essere applicate solo se la qualità superficiale è tale da non richiedere il condizionamento del semilavorato e solo se i programmi produttivi tra la colata continua e l'impianto di laminazione a caldo possono essere adeguatamente coordinati.

3. ***Discagliatura***

– Riduzione dei consumi di acqua tramite l'utilizzo di sensori che determinano quando il materiale entra o esce dall'impianto di discagliatura; in questo modo le valvole dell'acqua vengono aperte quando è effettivamente necessario ed il volume d'acqua è quindi adattato alla necessità.	

4. ***Laminazione***

– Adozione di una delle seguenti tecniche per ridurre le perdite energetiche durante il trasporto del materiale dal treno sbozzatore al treno finitore: ▪ utilizzo del Coil Box (e del Coil Recovery Fornace). Nel Coil Box, il prodotto intermedio che esce dal treno sbozzatore viene avvolto in un coil, che successivamente viene posizionato su un dispositivo di svolgimento, svolto ed inviato al treno finitore. Nel caso di brevi rallentamenti della linea a valle del Coil Box, il coil può rimanere in attesa per un tempo maggiore; inoltre nel caso di interruzioni lunghe il coil può essere conservato nei cosiddetti forni di recupero del calore "Coil Recovery Furnace", dove viene ripristinata la temperatura di laminazione.	L'utilizzo del Coil Box, che consente una distribuzione di temperatura lungo la barra di trasferimento più uniforme e che implica l'utilizzo di carichi minori per la laminazione al treno finitore, determina tuttavia un fabbisogno aggiuntivo di energia legato alle fasi di avvolgimento e svolgimento del coil e di riscaldo nel Coil Recovery Furnace. La riduzione dei consumi energetici è minore nel confronto con impianti di laminazione in cui il tempo di esposizione all'aria della barra di trasferimento non è elevato. L'utilizzo del Coil Box può portare ad un peggioramento della qualità del prodotto per effetto di un aumento dei difetti superficiali ed inoltre possono esserci effetti di riduzione della capacità produttiva del laminatoio. Questa tecnica può essere applicata ai laminatoi semicontinui per la produzione nastri e se le condizioni impiantistiche e di prodotto lo permettono.

▪ utilizzo degli scudi termici sulle tavole di trasferimento. La tavola a rulli di trasferimento dal treno sbozzatore al treno finitore può essere equipaggiata ove possibile con scudi termici per ridurre le perdite di temperatura del materiale mentre è trasportato e per diminuire la differenza di temperatura tra la testa e la coda del materiale in ingresso al treno finitore.	Gli scudi termici comportano un rischio più elevato di difetti superficiali, in quanto viene favorita la formazione di scaglie a seguito della temperatura più elevata a cui viene mantenuta la barra di trasferimento; inoltre gli scudi termici comportano costi di gestione molto elevati, in quanto possono essere danneggiati facilmente dalle barre di trasferimento incurvate. Inoltre per gli impianti esistenti l'utilizzo di scudi termici non risulterebbe possibile in quanto le tavole a rulli esistenti potrebbero non sopportare le maggiori temperature ed inoltre la riduzione dei consumi energetici non giustifica gli elevati costi di installazione e gestione. L'utilizzo di scudi termici non è possibile ove sono richieste, per motivi metallurgici, temperature più basse al treno finitore.

– Adozione di una delle tecniche seguenti, per la riduzione delle emissioni di polveri durante la laminazione nel treno finitore: ▪ spruzzaggio d'acqua alle gabbie finitrici con trattamento delle acque al sistema di depurazione delle acque di laminazione. Tale sistema permette di abbattere alla fonte le eventuali emissioni di particolato. ▪ sistema di captazione dell'aeriforme alle gabbie del treno finitore (in particolare le ultime gabbie) con depolverazione tramite filtri a tessuto. Per aeriformi particolarmente umidi, in alternativa ai filtri a tessuto, può essere adottato un sistema di abbattimento ad umido.	Nei laminatoi che operano a bassa velocità e/o con aree superficiali del prodotto ridotte, le emissioni sono già limitate, e quindi non è necessaria l'adozione di tali sistemi di abbattimento. Le prestazioni raggiungibili con tali tecniche in condizioni normali sono le seguenti: • emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: $\leq$ 20 mg/Nmc

– Adozione di un sistema di captazione e depolverazione mediante filtri a tessuto per la riduzione delle emissioni di polveri che possono derivare dalla spianatura dei nastri.	Le prestazioni raggiungibili con tale tipo di tecnica in condizioni normali sono le seguenti: • emissioni convogliate di polveri al camino di convogliamento in atmosfera: $\leq$ 20 mg/Nmc

– Adozione delle seguenti tecniche relative alla tornerie cilindri: ▪ utilizzo di sgrassatori a base d'acqua, fin quando è tecnicamente accettabile in funzione del grado di pulizia richiesto; nel caso di utilizzo di solventi organici, sono da preferire quelli privi di cloro; ▪ trattamento, ove possibile, dei fanghi di molatura tramite separazione magnetica, per recuperare le particelle metalliche e consentirne il successivo avvio a riciclo/recupero; ▪ smaltimento appropriato dei rifiuti derivanti dalle lavorazioni (ad es. grasso rimosso dai cuscinetti, mole consumate, residui di molatura, cilindri di laminazione consumati, etc.); ▪ trattamento degli effluenti liquidi (provenienti dai raffreddamenti, dagli sgrassaggi, dalla molatura) negli impianti di trattamento dell'acqua previsti per la laminazione a caldo.	

– Adozione delle seguenti tecniche relative al trattamento acque: ▪ riduzione del consumo e dello scarico dell'acqua utilizzando, per quanto possibile, circuiti a ricircolo ▪ trattamento delle acque di processo contenenti scaglie ed olio e riduzione dell'inquinamento negli effluenti utilizzando una combinazione appropriata di singole unità di trattamento, come ad esempio fosse scaglie, vasche di sedimentazione, filtri, torri di raffreddamento. ▪ adozione delle seguenti misure per prevenire l'inquinamento delle acque da parte di idrocarburi: a) accurata manutenzione di tenute, guarnizioni, pompe, ecc…; b) utilizzo di idonei cuscinetti per i cilindri di lavoro e di appoggio ed adozione di indicatori di perdite sulle linee di lubrificazione. c) raccolta e trattamento delle acque di drenaggio; ▪ riciclo nel processo siderurgico o vendita per altri riutilizzi delle scaglie di laminazione derivanti dagli impianti di trattamento dell'acqua; ▪ disidratazione ed idoneo smaltimento dei fanghi oleosi; ▪ utilizzo di sistemi di raffreddamento ad acqua separati e funzionanti in circuiti chiusi.	Rapporti di ricircolo $\geq$ 95% sono raggiungibili Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali sono le seguenti: – concentrazioni allo scarico dopo trattamento: ▪ solidi sospesi: $\leq$ 20 mg/l ▪ olio: $\leq$ 5 mg/l ▪ Fe: $\leq$ 10 mg/l ▪ Cr_{tot}: $\leq$ 0.5 mg/l ▪ Ni: $\leq$ 0.5 mg/l ▪ Zn: $\leq$ 2 mg/l

5.5.1 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA — LA ZINCATURA GENERALE A CALDO PROCESSO DISCONTINUO

Dato il notevole sviluppo dell'ultimo ventennio, la zincatura generale a caldo in Italia ha acquisito delle peculiarità impiantistiche e tecnologiche che non hanno trovato riscontro in altri Paesi europei. Questo ha fatto sì che il Nostro Paese diventasse il primo produttore europeo (statistiche dell'EGGA – European General Galvanizers Association, aggiornate al 2003) con un numero di impianti dimezzato rispetto al secondo produttore, la Germania. L'uso intensivo degli impianti e l'attenzione per l'ottimizzazione delle variabili di processo, in relazione all'incremento di produttività, delineano un quadro specifico delle BAT applicabili in Italia nell'ambito di quelle segnalate a livello comunitario, come è possibile rilevare dopo le opportune considerazioni che si riportano di seguito.

1. Sgrassaggio:

La quasi totalità degli impianti in Italia è dotata di una o due vasche di sgrassaggio. Esistono casi in cui, per impianti di ridotte dimensioni e per carenza di spazio, lo sgrassaggio è effettuato insieme al decapaggio mediante l'utilizzo di prodotti idonei.

L'efficienza dello grassaggio è strettamente legata al contatto del pezzo con le soluzioni, contatto che può essere favorito dalla movimentazione dei pezzi; un adeguato effetto di movimentazione relativa dei pezzi da zincare rispetto alla soluzione sgrassante, può essere ottenuto attivando, anche manualmente, le gru a ponte onde ottenere un movimento dei bilancini di tipo alternato "su - giù", una o più volte durante il tempo di permanenza dei pezzi nel bagno. In alternativa è possibile l'applicazione alle vasche di sistemi rotatori con eccentrici agenti sui bilancini. Occorre bilanciare e ponderare opportunamente l'applicazione di queste tecniche dal momento che esse causano un incremento delle emissioni di vapori dalle vasche.

Non è invece consigliabile, per migliorare l'efficienza dello grassaggio, l'utilizzo di sistemi ultrasonici, data la vasta gamma, e per le dimensioni e per la varietà delle forme geometriche, dei manufatti trattati in zincatura generale; così come non è attuabile lo sgrassaggio a cascata, per la limitazione della produttività dell'impianto ed il notevole consumo aggiuntivo di acqua.

Per la pulizia delle soluzioni sgrassanti non risultano praticabili le separazioni per centrifuga; le quantità relative di fluido sono, infatti, molto basse e non giustificano l'impegno economico per l'installazione d'un impianto ad hoc; il costo d'esercizio è particolarmente elevato per i consumi energetici, peraltro responsabili di impatto ambientale.

Altrettanto non proponibili sono le tecniche di pulizia mediante membrane o per ultrafiltrazione; le membrane appropriate agli specifici bagni di sgrassaggio devono ancora essere sviluppate per permetterne l'applicazione nella zincatura generale a caldo.

Lo sgrassaggio biologico non è applicabile per le elevate produttività degli impianti italiani: non è, infatti, possibile garantire il mantenimento delle condizioni equilibrate necessarie per la vita e l'attività dei batteri. Non essendo possibile determinare condizioni di efficienza costante, il sistema potrebbe non essere efficace e comportare il trascinamento di materiale organico e grasso fino alla vasca di zincatura, con le conseguenti complicazioni e sul piano ambientale (aumento delle emissioni) e sul piano economico, per le misure da adottare. Non si hanno esempi di applicazione di questo processo alla zincatura generale in Italia; anche nel resto d'Europa è stato scarsamente sperimentato.

2. Decapaggio e strippaggio

Il decapaggio viene, in genere, operato con vasche aperte statiche con acido cloridrico entro i range operativi evidenziati in fig. A.

Si è già osservato che un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione; la conoscenza dei cambiamenti nel bagno consente di attivare procedure di esercizio opportune, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio; i valori ottimali sono presentati in fig.B.

Possono anche essere usate apparecchiature che operano al di fuori di tali range, con bagni di HCl riscaldati o a più alta concentrazione. Questi impianti solo di recente sono stati installati in poche zincherie in Italia ed in Europa. Resta ancora da stabilire il livello di resistenza agli agenti fortemente corrosivi delle strutture metalliche dei tunnel e delle cabine.

Il recupero per evaporazione è, in genere, troppo complesso ed antieconomico da gestire per la dimensione delle zincherie, che sono classificabili tutte come piccole aziende. Può essere realizzato, più agevolmente all'esterno delle aziende di zincatura, conferendo l'acido a recuperatori autorizzati che possono discriminare tra questa ed altre tecniche di recupero e di riutilizzo.

Il recupero per estrazione liquido-liquido non è praticabile su piccola scala. Comporta l'utilizzo di sostanze pericolose quali i solventi e relativa generazione di rifiuti ed emissioni.

In alcuni casi l'acido esausto può essere affidato ad aziende specializzate nel riciclo e riutilizzo, dopo adeguato trattamento, in impianti di depurazione delle acque a ciclo inorganico come neutralizzanti, flocculanti ed agenti di precipitazione in altri processi. Sistemi esterni come il recupero tramite letto fluido – roasting (pirolisi) sono ormai in disuso. Essi infatti possono essere applicati solo ai liquidi che contengono ferro ma non zinco. Sebbene qualche fonte riporti che per contenuti al massimo di 2-3 g/l di zinco nell'alimentazione il processo risulta ancora praticabile, sembra che il problema dello zinco nell'alimentazione non sia stato risolto. Ciò rende necessario un pretrattamento per la rimozione dello zinco. Lo spray roasting non è attualmente applicato alla rigenerazione dell'acido proveniente dalla zincatura a caldo, dal momento che esso non è praticabile su piccola scala. Nello specifico, il roasting risulta troppo costoso e insoddisfacente in quanto a purezza dell'ossido di Fe ricavato e non può essere considerato BAT.

La rimozione del ferro dai bagni di decapaggio e strippaggio combinati, tramite NH_3 ed H_2O_2 con il susseguente riuso come soluzione flussante, non è praticabile in situ. Le soluzioni di decapaggio sono in notevole eccesso rispetto al flussaggio e le soluzioni derivanti dal processo sarebbero troppo diluite e richiederebbero l'impiego di evaporatori. Inoltre gli altri inquinanti presenti nelle soluzioni esauste, non eliminate con questo processo di rigenerazione, disturberebbero il processo negli stadi successivi. Possibile l'applicazione della tecnica da parte di aziende specializzate, cui le zincherie conferiscano il sotto-prodotto per il successivo trattamento.

Il trattamento con NH_3 ed H_2O_2 può essere utilizzato nel caso di vasche esclusivamente dedicate allo strippaggio per il riutilizzo del liquido come soluzione flussante.

La rimozione dello zinco dall'acido per scambio ionico (sprang) non è affidabile e non esistono testimonianze di esperienze positive. Le soluzioni sono troppo sporche per poter garantire il funzionamento dello scambio ionico e le resine di solito utilizzate sono a rischio intasamento.

L'utilizzo di liquidi di decapaggio esausti per la produzione di flussanti è possibile solo parzialmente in situ. E' più frequente l'applicazione della tecnica da parte di aziende specializzate, cui le zincherie conferiscano il sotto-prodotto per il successivo trattamento.

3. Lavaggio

Tipicamente negli impianti italiani è previsto il lavaggio tra decapaggio e flussaggio. Si può evitare il lavaggio nei casi in cui sia prevista la rigenerazione continua o semi-continua del flusso.

Di solito con il lavaggio mono-vasca tutta l'acqua utilizzata può essere adoperata interamente per il rabbocco delle vasche di decapaggio. I sistemi di lavaggio in cascata provocano un consumo maggiore di acqua, il che può dare luogo a scarichi contaminati da sottoporre a trattamento. Inoltre essi comportano un rallentamento della produzione che è insostenibile per la maggior parte dei layout impiantistici possibili. Per i ritmi produttivi degli impianti italiani, nel nostro Paese, tali effetti sono più evidenti, per cui l'uso del sistema in cascata non può essere considerato BAT.

4. Flussaggio

La concentrazione dei sali di flussaggio può essere mantenuta costante con periodiche aggiunte.

La soluzione flussante può essere trattata in situ mediante aerazione (che favorisce la precipitazione del ferro) e decantazione con rimozione di fanghi ricchi di ferro. Talvolta si ricorre a trattamenti in continuo che utilizzano H_2O_2 per l'ossidazione del cloruro di ferro e la precipitazione del ferro idrossido. Il controllo del pH è ottenuto attraverso l'utilizzo di NH_3. Il sistema comporta la produzione di fanghi la cui composizione dipende dalle condizioni di flussaggio adottate nell'impianto secondo la tipologia del prodotto da zincare.
Più costoso, in termini di esercizio del bagno e di spesa energetica è il processo di rimozione del ferro per ossidazione elettrolitica; non esiste alcuna esperienza di utilizzo in Italia.

Altrettanto costoso e con le difficoltà di inserimento in una zincheria già esistente, è il sistema di separazione per scambio ionico.

L'alternativa al trattamento in situ è il conferimento dell'esausto (ricco di cloruro di ferro) a società specializzate che rigenerano all'esterno la soluzione flussante. I sali della soluzione flussante esausto, separati dal ferro, possono essere riutilizzati per la produzione di agenti flussanti.

5. Immersione nello zinco fuso

Per gli impianti esistenti le condizioni di layout possono impedire l'adozione della cabina. In genere si usano portate di estrazione diverse a seconda delle soluzioni impiantistiche adottate, ma come ordine di grandezza di riferimento è possibile indicare una portata di circa 2000 $Nm^3h^{-1}m^{-2}$ di superficie di zinco fuso esposta in vasca nel caso della cabina.

Sono possibili diverse soluzioni di progetto per adattarsi agli spazi e alle disposizioni delle altre vasche dell'impianto.

Le estrazioni a bordo vasca in combinazione avvengono per mezzo di cappe laterali a bagno aperto; Le portate sono molto variabili e dipendono dalle condizioni di layout e dalle caratteristiche geometriche della vasca. Le aspirazioni richieste dipendono in maniera più che lineare dalla larghezza della vasca. Le portate in gioco sono dell'ordine di ca. 4000 $Nm^3h^{-1}m^{-2}$ di superficie di zinco fuso esposta in vasca.

In entrambi i casi si può prevedere un abbattimento dei fumi o tramite filtri a manica o scrubber. L'emissione di particolato è < 5mg/Nm3, più facile da raggiungere con i filtri a manica.

In genere le misure di estrazione garantiscono che le emissioni fuggitive siano trascurabili rispetto alle emissioni puntuali. Le performance riscontrate negli impianti esistenti dipendono dalle caratteristiche proprie di ogni sito industriale in relazione alle condizioni di ventosità del posto, la convezione determinata dal layout impiantistico o dalle caratteristiche geometriche del capannone ospitante l'impianto, e la concentrazione alla quale, per le esigenze produttive, viene tenuta la vasca di flussaggio.

Non è possibile fornire tabelle di composizione delle emissioni affidabili. Le condizioni variano drasticamente da impianto ad impianto. Il momento di massima emissione dalle vasche di zincatura si ha durante l'immersione dei pezzi. Lo sviluppo dei fumi in ordine alla quantità ed alla composizione dipende in maniera critica dalla composizione e concentrazione dell'agente di flussante che si ossida a contatto con lo zinco fuso. Queste variabili sono dipendenti dalla tipologia del prodotto da zincare. Anche il layout stesso dell'impianto, la produttività dell'impianto (intesa come numero di immersioni realizzate all'ora), la tipologia e le caratteristiche geometriche del prodotto influenzano notevolmente la captazione ed il relativo contenuto, che non risulta costante nel tempo.

La presenza di diossina nelle polveri provenienti dall'abbattimento dei fumi provenienti dalla vasca di zincatura, si verifica episodicamente, quando lo sgrassaggio dei pezzi risulta insufficiente e i residui di oli e grassi vengono portati per trascinamento nella vasca di zincatura.
A meno di situazioni occasionali di cattivo funzionamento dell'impianto, un processo correttamente eseguito non dà luogo alla formazione di diossina delle polveri dei filtri a manica.

Sono disponibili tecniche per la minimizzazione della produzione dei sotto-prodotti da zincatura quali matte, schiumature (ceneri) e schizzi di zinco. Esse vengono riportate nel seguito.

DESCRIZIONE	NOTE

1. ***Sgrassaggio di bagni aperti***

• Installazione di uno *step* di sgrassaggio, a meno che i manufatti non siano completamente privi di grasso, cosa molto rara nella zincatura conto terzi.	
• Gestione ottimizzata del bagno Attraverso il monitoraggio costante di parametri del bagno, come temperatura e concentrazione dell'agente di grassaggio, si ottiene l'ottimizzazione di questa fase di processo con semplici misure generali.	L'efficienza dello sgrassaggio può essere migliorata incrementando il contatto tra il liquido e il manufatto, per esempio muovendo il manufatto o muovendo la soluzione (movimentazione effettuata con il carroponte o con strumentazioni idonee, oppure agitazione della soluzione durante l'immersione dei pezzi).
• Manutenzione e pulizia dei bagni di sgrassaggio aperti Nello sgrassaggio alcalino l'emulsione che si forma è instabile, l'olio e il grasso si conglomerano e formano uno strato galleggiante sulla superficie nelle aree dove non c'è movimento del bagno di sgrassaggio. Questo aglomerato può essere separato e rimosso attraverso schiumarole, tubi di drenaggio per lo scarico, raschi, ecc. Per mezzo di tali misure, utilizzando semplicemente la gravità (tempo di separazione: un paio d'ore) la vita dei bagni di sgrassaggio può essere prolungata da 2 a 4 volte. I fanghi rimossi contengono oli, grassi, agenti di sgrassaggio, scaglie, ruggine, polvere, ecc. e vengono di solito smaltiti.	Le misure descritte per prolungare la vita dei bagni di sgrassaggio sono anche applicabili ai bagni di sgrassaggio acidi ma, a causa della formazione di emulsioni più stabili, l'efficienza risulta ridotta. Durate maggiori in esercizio dei bagni da 2 a 4 volte.

2. *Decapaggio e Strippaggio*

• Controllo dei parametri del bagno aperto (temperatura e concentrazione) Il contenuto di HCl nella fase gassosa al di sopra di un bagno di decapaggio dipende dalla temperatura e dalla concentrazione. Le emissioni dai bagni di decapaggio sono al di sotto di $10 mg/Nm^3$ quando la coppia di valori (temperatura e concentrazione) è nell'area al di sotto della retta in fig. A. Se si effettua un controllo accurato dei parametri di processo (temperatura e concentrazione), con condizioni operative nei limiti stabiliti in fig. A, i sistemi di estrazione della fase vapore e le successive tecniche di abbattimento diventano sovrabbondanti. Le aspirazioni e conseguenti abbattimenti possono essere richiesti quando non è possibile operare nelle zone del diagramma di fig. A o quando le condizioni di ventilazione naturale lo richiedano. • Controllo ed esercizio ottimizzati del bagno aperto L'efficienza del decapaggio, e quindi il tempo necessario per il decapaggio, cambia lungo la durata del bagno. Man mano che il bagno invecchia, la concentrazione del ferro aumenta ed è necessario meno acido libero per mantenere la stessa velocità di decapaggio dell'inizio. È infatti necessaria la presenza di ioni Fe^{2+} in quantità dipendenti dall'acidità libera per ottenere l'ottimizzazione dell'attività decapante del bagno (fig.B.). Un attento monitoraggio dei parametri del bagno (concentrazione dell'acido, contenuto di ferro, ecc.) può aiutare nell'ottimizzazione dell'operazione attraverso la conoscenza dei cambiamenti nel bagno e permettere procedure di esercizio diverse, come la riduzione del tempo di decapaggio per evitare il sovra-decapaggio.	Si può ottenere un consumo di acido fresco (al 33w%) fino a 10 – 15 kg/ton di acciaio zincato.

Fig. B Concentrazione di Fe — FeCl2 – HCl per il controllo dell'attività del bagno di decapaggio

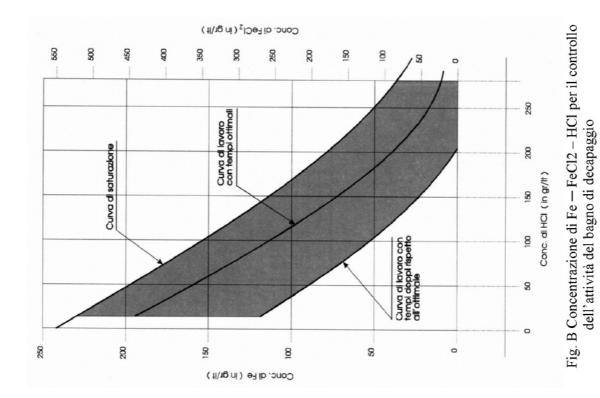



Fig. A Curva limite per l'esercizio dei bagni di decapaggio aperti

• Sezione di pre-trattamento chiusa con bagni riscaldati e/o concentrati: estrazione e abbattimento Se si richiedono operazioni al di fuori dell'intervallo di esercizio stabilito dall'area rappresentata in fig.A., ad es. se vengono usati bagni di HCl riscaldati o a più alta concentrazione, l'installazione di un'unità di estrazione ed il trattamento dell'aria estratta sono considerati BAT (ad es. tramite scrubber). Consiste nella creazione di un tunnel che racchiude le vasche di processo. Un adeguata aspirazione convoglia le emissioni all' abbattitore, in genere uno scrubber.	Il livello associato di emissione di HCl è pari a 2-30 mg/Nm^3 in uscita dagli scrubber. Lo scrubber è una torre di lavaggio in cui, si abbatte la concentrazione di acido nell'aeriforme inquinato tramite il contatto (con elevata superficie specifica) con l'acqua. La soluzione blandamente acida che si genera viene riciclata come fluido di processo.
• Minimizzazione dell'acido esausto attraverso l'uso degli inibitori di decapaggio Per proteggere dal sovra-decapaggio le parti di manufatto che sono già pulite e metalliche, si aggiungono alla soluzione di decapaggio gli inibitori di decapaggio. Gli inibitori possono ridurre la perdita di materiale dai manufatti anche del 98% e possono ridurre il consumo di acido. Comunque, questi inibitori organici possono avere un'influenza negativa sui successivi processi di riciclo dell'acido per cui si richiede attenzione alla scelta ed alla concentrazione adottata.	Perdita dai manufatti ridotta fino al 98%. Riduzione stimata del consumo di acido 10-20%
• Rigenerazione esterna dei liquidi di decapaggio Le soluzioni esauste di acido cloridrico vanno a società specializzate ed autorizzate alla neutralizzazione e smaltimento. Questa soluzione è consigliata come BAT perché il trattamento delle soluzioni esauste di decapaggio è antieconomico e troppo complesso per una zincheria per poter essere gestito in situ.	Il sistema è attualmente utilizzato dalla quasi totalità delle aziende di zincatura italiane.

• Possono essere utilizzati anche sistemi di recupero per evaporazione ed estrazione liquido-liquido. • In alcuni casi l'acido esausto può essere affidato ad aziende specializzate nel riciclo e riutilizzo in impianti di depurazione delle acque a ciclo inorganico come neutralizzanti, flocculanti ed agenti di precipitazione. • Vasche separate di decapaggio e strippaggio Una misura primaria per ridurre l'impatto ambientale dato dal decapaggio e dallo strippaggio è costituita dall'esercizio di vasche separate di trattamento, poiché gli acidi misti (ad alto contenuto sia di ferro che di zinco) provocano problemi nella rigenerazione o nel riutilizzo. Dal momento che non vi sono trattamenti adeguati per gli acidi misti, il decapaggio separato dallo strippaggio e il riutilizzo dei liquidi di strippaggio esausti (interno ed esterno, ad es. per il recupero dei flussanti) sono considerati come BAT sia per i nuovi impianti che per quelli già esistenti. • Qualora non fosse possibile separare il decapaggio dallo strippaggio, ad es. per mancanza di spazio per installare un'altra vasca, il riutilizzo degli acidi misti per la produzione di flussante, tramite conferimento ad operatori esterni, è considerato come BAT. • Rigenerazione dell'acido e utilizzo dei sali residui per la produzione di flussanti L'acido cloridrico esausto da decapaggio e strippaggio combinati con alte concentrazioni di zinco e ferro può essere processato e recuperato come bagno di flussaggio. Dopo l'ossidazione con perossido di idrogeno e neutralizzazione con ammoniaca si separa il fango di idrossido di ferro. Il liquido rimanente contiene alte concentrazioni di cloruro di zinco e cloruro di ammonio e può essere riutilizzato come soluzione flussante.	Quando le dimensioni aziendali lo consentano alcune delle operazioni di rigenerazione possono essere gestite all'interno della zincheria.

3. *Lavaggio:*

• Installazione di una vasca di lavaggio tra decapaggio e flussaggio Dopo il decapaggio, i manufatti in acciaio sono risciacquati in una vasca di lavaggio statica. Il lavaggio è effettuato per evitare il trascinamento all'interno del bagno di flussaggio sia di liquido di decapaggio, che altera il pH, sia di ioni Fe^{++}, che inquinano la soluzione flussante. Si può evitare il lavaggio nei casi in cui sia prevista la rigenerazione continua o semi-continua del flusso.	Con una gestione accurata e la pratica operativa tutta l'acqua del lavaggio, contaminata dall'acido, può essere riutilizzata nella sezione di decapaggio dell'impianto di zincatura.

4. *Flussaggio:*

• Controllo del flussaggio La concentrazione dei sali di flussaggio può essere mantenuta costante con periodiche aggiunte. Il trascinamento del ferro dai bagni di decapaggio, che provoca inquinamento del flussante, può essere minimizzato mediante l'attesa di un tempo opportuno (dipendente dalla forma geometrica e dallo stato superficiale dei pezzi) di gocciolamento al di sopra delle vasche di decapaggio. L'uso ponderato di agenti di flussaggio a fumi ridotti ed il corretto bilanciamento del flussante (quanto a contenuto di cloruro di ammonio), assieme ad una gestione ottimizzata del decappaggio e flussaggio, contribuiscono a ridurre l'emissione dalla vasca di zincatura. Le concentrazioni ottimali devono essere scelte sulla base della tipologia e dello spessore medi del materiale zincato, della lega utilizzata nel bagno di zincatura e degli altri parametri di esercizio dell'impianto.	

- Rigenerazione continua o semi-continua del bagno di flussaggio

  La soluzione flussante può essere trattata in situ mediante aerazione (che favorisce la precipitazione del ferro) e decantazione con rimozione di fanghi ricchi di ferro. Talvolta si ricorre a trattamenti in continuo che utilizzano H_2O_2 per l'ossidazione del cloruro di ferro e la precipitazione del ferro idrossido. Il controllo del pH è ottenuto attraverso l'utilizzo di NH_3. Il sistema comporta la produzione di fanghi la cui composizione dipende dalle condizioni di flussaggio adottate nell'impianto secondo la tipologia del prodotto da zincare.

- Equivalentemente, un lavaggio accurato dei manufatti dopo il decapaggio, in assenza di un impianto di rigenerazione del flussante, comporta una maggiore durata di servizio delle vasche, ritardandone l'alterazione.

- Rigenerazione esterna del flussante

  L'alternativa al trattamento in situ è il conferimento dell'esausto (ricco di cloruro di ferro) a società specializzate che rigenerano all'esterno la soluzione flussante. I sali della soluzione flussante esausto, separati dal ferro, possono essere riutilizzati per la produzione di agenti flussanti.

5. ***Immersione nello zinco***

• Cattura delle emissioni La cattura delle emissioni tramite cabina o tramite estrazione a bordo vasca, seguito da abbattimento della polvere (tramite filtri a manica o *scrubber* ad umido).	Per gli impianti esistenti le condizioni di layout possono impedire l'adozione della cabina.
Per gli impianti con cabina, in genere, si usano portate di estrazione diverse a seconda delle soluzioni impiantistiche adottate, ma come ordine di grandezza di riferimento è possibile indicare una portata di circa 2000 $Nm^3h^{-1}m^{-2}$ di superficie di zinco fuso in vasca.	Il livello di polvere emessa in atmosfera dopo l'abbattimento, associato con queste due tecniche, è <5 mg/Nm^3.
Le estrazioni a bordo vasca in combinazione avvengono per mezzo di cappe laterali a bagno aperto.	Le portate in gioco sono dell'ordine di 4000 $Nm^3h^{-1}m^{-2}$ ca. di superficie di zinco fuso in vasca.
• Riutilizzo interno o esterno della polvere raccolta nei filtri a manica per la produzione di flussanti. Poiché questa polvere può raramente contenere diossina a bassa concentrazione, per problemi nell'impianto (manufatti zincati precedentemente non ben sgrassati), solo i processi di recupero che rendono gli agenti flussanti liberi da diossina sono considerati BAT.	La polvere è composta soprattutto da cloruro di ammonio e cloruro di zinco (agente flussante). Il riciclaggio potrebbe essere limitato dalla presenza di olio e grasso (ne è richiesta una quantità inferiore al 3%).
• Recupero di calore dai gas combusti provenienti dal forno di zincatura Sebbene le opportunità di risparmio di energia dal trasferimento di calore dai gas combusti dalle vasche di zincatura siano limitate, a causa dei bassi volumi e delle relativamente basse temperature (450°C), è buona norma recuperare il calore da questa fonte per riscaldare o l'acqua usata altrove nell'impianto, o l'aria per l'essiccazione.	Riduzione del consumo di energia tra 15 e45 kWh per tonnellata di acciaio nero trattato.

<table>
<tr>
<td>Sistemi di scambiatori a tubo e mantello possono essere impiegati per recuperare calore dai fumi di combustione, da trasferire alle soluzioni di flussaggio e sgrassaggio, sovente riscaldate per mantenere la giusta solubilità ed attività degli agenti chimici. Sono disponibili diverse soluzioni tecniche. Per il recupero di calore destinato all’essiccatore i fumi vengono fatti passare per il forno di essiccazione prima di essere inviati al camino.

Il recupero di calore dai fumi di combustione costituisce,comunque, solo una quota del calore necessario per le operazioni suddette, per cui l’impianto di zincatura necessita della presenza di bruciatori addizionali seppure di modesta portata.</td>
<td>Questa tecnica non è applicabile su sistemi con due bruciatori (vasche piccole) perché non vi è abbastanza calore disponibile. I sistemi di recupero sono installati molto spesso su sistemi di 4 o 6 bruciatori.</td>
</tr>
<tr>
<td>• <u>Efficienza e Controllo del Forno di Riscaldamento</u>
Le perdite di calore dal gas di combustione possono essere ridotte con l’ottimizzazione del processo di combustione, diminuendo l’ingresso dell’aria nell’alloggiamento del forno. L’operazione a bassa temperatura del processo di zincatura implica che vi siano limitate opportunità per risparmiare energia tramite la riduzione delle perdite.
Quando la vasca si trova a riposo con lo zinco fuso, la riduzione di perdite di calore può essere ottenuta utilizzando coperture isolanti che si estendono al di sopra della parte superiore del forno.</td>
<td>L’efficienza del forno è anche influenzata dal sistema di controllo. Maggiore efficienza si ha con sistemi di controllo che adeguano meglio l’immissione di calore alla richiesta di calore.</td>
</tr>
</table>

• Recupero dei sottoprodotti contenenti zinco Per tutti i sottoprodotti contenenti zinco prodotti nella vasca di zincatura (matte, zinco duro, spruzzi, schizzi e schiumature povere di zinco), sono considerate tecniche BAT: -l'immagazzinamento separato -la protezione da pioggia e vento -il riutilizzo nell'industria dei metalli non ferrosi o in altri settori per il recupero delle sostanze utili che essi contengono • Recupero di zinco dalle schiumature di zinco (o ceneri) Le schiumature (o ceneri) prodotte dalla zincatura a caldo contengono una fase metallica costituita da granella di zinco mista a ossidi e cloruri. Durante la lavorazione si può minimizzare il contenuto di zinco metallico attraverso pratiche comuni di schiumatura prima dell'estrazione dei pezzi dalla vasca. Il tenore di zinco metallico nelle schiumature è ca. 60-65% e può essere interamente riciclato: I grani di zinco possono essere separati dalla cenere di zinco, fusi e reinseriti nella vasca di zincatura. L'operazione di vagliatura, per lo più esterna, viene realizzata di solito da aziende specializzate al recupero dei metalli. La rimanente schiumatura a base di ossido di zinco viene raffinata ulteriormente in industrie esterne specializzate.	Il grado di recupero ottenuto è pari a ca. 60-70%.

• <u>Riduzione della produzione di matte di zinco</u> Le seguenti misure riducono la formazione di matte di zinco: – Adeguati lavaggi dopo il decapaggio o rigenerazione continua del flusso – Utilizzo bilanciato di agenti flussanti non eccedenti nella concentrazione di cloruro di ammonio, che hanno un basso effetto decapante (rimozione del ferro). • <u>Riduzione della produzione di spruzzi di zinco</u> Le seguenti misure riducono la formazione di spruzzi: – Adeguata essiccatura dopo il bagno di flussaggio – Pulizia delle aree intorno alle vasche di zincatura per ottenere zinco riciclabile, contenente il minimo di impurità.	

1. Nastri d'acciaio laminati a freddo

1. Sgrassaggio

• Riduzione dei reflui derivanti dallo sgrassaggio alcalino mediante: – l'utilizzo della soluzione sgrassante in cascata, nel caso in cui lo sgrassaggio alcalino è direttamente connesso con lo stadio di pulitura elettrolitica. In particolare si ha che la soluzione alcalina utilizzata nello sgrassaggio elettrolitico può essere ricircolata nello stadio contiguo di sgrassaggio non elettrolitico; – pulizia dall'olio della soluzione alcalina (ad es. con sistemi di pulizia meccanica) e suo riciclo nella sezione di sgrassaggio.	Tale tecnica è applicabile ai nuovi impianti, mentre l'applicazione su impianti esistenti è condizionata dalla disponibilità di spazio.
• Raccolta delle acque derivanti dallo sgrassaggio e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.	
• Adozione di vasche di sgrassaggio coperte con estrazione e depurazione dell'aria estratta tramite scrubber o demister.	
• Adozione di rulli strizzatori per ridurre il trascinamento della soluzione sgrassante tra le varie sezioni.	

2. ***Trattamento termico***

<table>
<tr><td>• Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx).

I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx.
I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione.
Il preriscaldo dell’aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l’efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.</td><td>Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti:
– emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell’aria comburente:
<table><tr><th>T preriscaldo aria comburente</th><th>NOx (mg/Nmc) (O_2 3%)</th></tr><tr><td>< 200 °C</td><td>< 400</td></tr><tr><td>300 °C</td><td>fino a 450</td></tr><tr><td>400 °C</td><td>fino a 600</td></tr><tr><td>500 °C</td><td>fino a 800</td></tr><tr><td>700 °C</td><td>fino a 1500</td></tr><tr><td>800 °C</td><td>fino a 2300</td></tr><tr><td>900 °C</td><td>fino a 3500</td></tr><tr><td>1000 °C</td><td>fino a 5300</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>• Adozione di una o una combinazione delle seguenti tecniche per il recupero del calore:
– recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l’aria comburente.
I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell’immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all’aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente.
Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell’aria comburente fino a 600°C.</td><td>Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile.</td></tr>
</table>

I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C); – recupero del calore dei fumi di combustione per la produzione di vapore nel caso di fabbisogno per l'impianto di zincatura a caldo; – preriscaldo del nastro.	Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici. I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi).

3. ***<u>Immersione del nastro nel bagno fuso (Zincatura)</u>***

• Raccolta dei residui contenenti zinco (scoria, ecc.) e loro riciclo nell'industria dei metalli non ferrosi. Ad esempio parte dello zinco consumato finisce nella scoria che si forma sulla superficie del bagno fuso; tale scoria viene rimossa manualmente in quanto influenza negativamente la qualità del rivestimento del nastro.	

4. Galvannealing

• Adozione di bruciatori a basso NOx (low-NOx). I bruciatori low-NOx sono progettati per ridurre il livello delle emissioni di NOx. I principali criteri di progettazione su cui tali bruciatori si basano sono: riduzione della temperatura di picco della fiamma, riduzione del tempo di permanenza nella zona ad alta temperatura e riduzione della disponibilità di ossigeno nella zona di combustione. Il preriscaldo dell'aria comburente, che è una tecnica applicata, ove possibile, per aumentare l'efficienza energetica dei forni (e quindi per abbassare il consumo di combustibile e le emissioni degli altri inquinanti di un processo di combustione), comporta concentrazioni di NOx più elevate nelle emissioni dei forni che ne sono dotati.	Le prestazioni raggiungibili con tale tecnica in condizioni normali sono le seguenti: – emissioni convogliate di NOx al camino di convogliamento in atmosfera dei fumi di combustione, in funzione della temperatura di preriscaldo dell'aria comburente: T preriscaldo aria comburente — NOx (mg/Nmc) (O_2 3%) < 200 °C — < 400 300 °C — fino a 450 400 °C — fino a 600 500 °C — fino a 800 700 °C — fino a 1500 800 °C — fino a 2300 900 °C — fino a 3500 1000 °C — fino a 5300
• Recupero del calore dei fumi di combustione mediante sistemi recuperativi o sistemi rigenerativi per preriscaldare l'aria comburente. I sistemi recuperativi sono costituiti da scambiatori di calore, installati prima dell'immissione in atmosfera dei fumi di combustione, che consentono il trasferimento del calore continuamente dei fumi caldi all'aria comburente in ingresso, o da bruciatori che hanno questi scambiatori già incorporati singolarmente. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente fino a 600°C. I sistemi rigenerativi sono costituiti da due scambiatori di calore (rigeneratori) contenenti, ad esempio, materiale ceramico: mentre un rigeneratore viene riscaldato per contatto diretto con i fumi caldi della combustione, l'altro ancora caldo riscalda l'aria comburente. Dopo un certo periodo il processo è invertito scambiando i flussi. Con questi sistemi si possono ottenere temperature di preriscaldo dell'aria comburente più elevate (superiori a 600°C).	Tali tecniche possono essere previste in fase progettuale su nuovi impianti mentre su impianti esistenti la loro adozione può essere effettuata nel caso di sostanziali ammodernamenti e ove tecnicamente ed economicamente fattibile. Un problema dei sistemi rigenerativi è la sensibilità alla polvere, che, se generata in notevoli quantità dal processo di combustione, può provocare la precoce sostituzione dei riempimenti ceramici. I costi di investimento sono elevati (sistema di rigenerazione e bruciatori più costosi)

5. Post-trattamenti

• Adozione, per il trattamento di oliatura del nastro, di una delle seguenti tecniche: – copertura della macchina di oliatura del nastro; – oliatura elettrostatica.	

• Adozione delle seguenti tecniche per i trattamenti di passivazione e fosfatazione: – copertura dei bagni di processo; – riciclo della soluzione di passivazione del nastro d'acciaio zincato. La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento; – riciclo della soluzione di fosfatazione del nastro d'acciaio zincato. La soluzione esausta viene di volta in volta scaricata ed inviata al sistema di depurazione acque o conferita all'esterno per il suo trattamento; – utilizzo di rulli strizzatori per i evitare i trascinamenti delle soluzioni nelle sezioni successive, con perdita di sostanze chimiche.	

6. Finitura

• Raccolta delle acque derivanti dalla skinpassatura ad umido e loro invio all'impianto di trattamento delle acque di processo.	

7. Trattamento acque

• Adozione di sistema separato delle acque di raffreddamento ed operanti, ove possibile, in circuito chiuso con raffreddamento in torri evaporative o altri sistemi.	

• Trattamento delle acque di processo derivanti dall'impianto di zincatura a caldo ed eventualmente derivanti anche da altre attività, utilizzando un'opportuna combinazione di stadi di sedimentazione, filtrazione e/o flottazione, precipitazione, flocculazione o altre combinazioni di pari efficienza. La frazione oleosa derivante dal trattamento dovrebbe essere, per quanto possibile, riutilizzata (ad es. combustione).	Le prestazioni raggiungibili in condizioni normali dagli impianti di trattamento delle acque di processo della zincatura a caldo sono le seguenti: – concentrazioni allo scarico dopo trattamento: ▪ solidi sospesi: ≤ 20 mg/l ▪ Fe: ≤ 10 mg/l ▪ Zn: ≤ 2 mg/l ▪ Ni: ≤ 0.2 mg/l ▪ Cr_{tot}: ≤ 0.2 mg/l ▪ Pb : ≤ 0.5 mg/l ▪ Sn: ≤ 2 mg/l Su impianti esistenti di trattamento acque di tipo continuo con livelli di zinco allo scarico ≤ 4 mg/l, potrebbe essere adottato il trattamento batch.

2. Fili d'acciaio

1. *Ricottura*

• Buone misurazioni e regolazioni interne.	CO < 100 mg/Nm^3 TOC< 100 mg/Nm^3

• Forni ad alta convezione con rendimenti elevati e buona trasmissione di calore. • Riciclo acqua dei raffreddamenti.	

2. *Decapaggio*

• Apparecchiatura in dotazione o apparecchiatura di misura nella aspirante e depurazione dell'aria estratta. • Decapaggio a cascata per nuovi impianti con capacità al di sopra di 15000 ton/anno per linea. • Ricupero della frazione acida libera. • Riutilizzazione di acido esaurito come materia prima secondaria.	HCl 2 – 30 mg/Nm^3

3. *Lavaggio*

• Lavaggio a cascata, possibilmente congiuntamente ad altri metodi per minimizzare il consumo dell'acqua, per tutte le installazioni nuove e tutti i grandi impianti (> 15000 ton/anno). • Trattamento di acque di rifiuto per trattamento fisico-chimico (neutralizzazione, flocculazione, ecc.).	SS: < 20 mg/l Fe: < 10 mg/l Zn: < 2 mg/l Ni: < 0,2 mg/l Cr_{tot} : <0,2 mg/l Pb: < 0,5 mg/l Sn: < 2 mg/l

4. *Flussaggio*

• Buona conduzione dei requisiti di efficienza e funzionalità con speciale attenzione alla riduzione del residuo di ferro e alla manutenzione del bagno. • Rigenerazione dei bagni. • Riutilizzo esterno della soluzione di flussaggio esausta. • Ricupero gas di combustione.	NH_4: < 30 mg/Nm^3

5. *Zincatura a caldo*

• Buona conduzione delle misurazioni e delle regolazioni.	Polvere: < 10 mg/Nm^3 Zn: < 10 mg/Nm^3

6. *Raffreddamento e Finitura*

• Raffreddamento acque (dopo la vasca di zincatura). Ciclo chiuso o riutilizzo di questa acqua relativamente pura come acqua per altre applicazioni. • Scarti contenenti zinco. Immagazzinaggio e protezione da pioggia e da vento e riutilizzazione separata nell'industria dei metalli.	

Altri valori non espressi si possono desumere dalle BAT per la zincatura generale, per quanto in an alogia di processo.

5.6 MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DALL'INQUINAMENTO IN ITALIA — LA FONDERIA

Vengono di seguito rappresentate le tecniche, i livelli di emissione e di consumo ad esse associate, considerati compatibili con la definizione di BAT in senso generale.

Le tecniche ed i livelli di emissioni ad esse associate, sono state verificate attraverso un processo iterativo che include i seguenti passaggi:

- Identificazione dei temi ambientali chiave per le fonderie
- Esame delle tecniche più rilevanti da correlare con questi temi
- Identificazione delle migliori prestazioni ambientali, sulla base dei dati disponibili da UE o da altre fonti
- Esame delle condizioni (costi, condizioni al contorno, modi di implementazione) sotto le quali questi livelli di prestazioni si possono raggiungere
- Selezione delle BAT e dei livelli di emissioni e/o consumi associati per il settore, definiti in accordo con le indicazioni della Direttiva

Dove vengono presentate le BAT con i livelli di emissione o di consumi associati, questi sono da intendersi come il possibile risultato dell'applicazione nel settore delle Fonderie di metalli ferrosi, delle tecniche descritte, tenendo presente il bilancio dei costi-benefici inerenti la definizione delle BAT stesse.

Va sottolineato, per una corretta interpretazione ed utilizzo del documento, che le BAT generali indicate in questo capitolo, sono da vedere come punti di riferimento per la valutazione delle prestazioni di impianti esistenti o per quelli nuovi senza escludere la possibilità di ottenere risultati migliori.

In ogni caso, va sottolineato che il documento sulle BAT non fissa alcun standard impegnativo o limite legale; i valori riportati hanno il significato di fornire informazioni guida per l'industria, per gli Stati e per il pubblico sulle performance circa i livelli di emissione e di consumi registrabili utilizzando quella determinata tecnica, nelle condizioni indicate.

Gli appropriati valori limite per ogni singolo caso sono da determinarsi tenendo conto degli obiettivi della Direttiva IPPC e delle condizioni locali.

L'industria di fonderia è un settore differenziato; i vari elementi delle BAT devono essere adattati ai differenti tipi di installazioni.

La fonderia sostanzialmente è costituita da un'area fusoria e da un area di formatura dei getti, entrambi con il loro flusso di approvvigionamento; per i getti prodotti con sistemi di formatura a perdere, tale catena di approvvigionamenti comprende tutte le attività relative alla realizzazione delle forme e di fabbricazione delle anime.

Nelle citate aree una distinzione deve essere fatta in relazione, rispettivamente, al tipo di metallo fuso, ferroso o non ferroso, ed in merito al tipo di formatura, in forma permanente o in forma a perdere.

Ciascuna fonderia può essere considerata come una combinazione di tecniche fusorie e di sistemi di formatura.

Le BAT sono, pertanto, presentate suddividendole fra quelle applicabili alla fonderia in generale e con riferimento a ciascun specifico tipo di fonderia.

BAT Generali per tutti i tipi di fonderie.

Alcuni tipi di BAT sono generali ed applicabili a tutti i tipi di fonderie senza considerare i processi praticati ed i prodotti realizzati.
Essi riguardano il flusso delle materie prime, le operazioni di finitura, il rumore, le acque reflue, la gestione ambientale e le dismissioni dei siti produttivi:

DESCRIZIONE	NOTE

Gestione dei flussi di materiali

DESCRIZIONE	NOTE
Adottare stoccaggi separati dei vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e pericoli	Le BAT in questo caso riguardano: la gestione degli stoccaggi, la manipolazione dei diversi tipi di materiali, la minimizzazione del consumo di materie prime con i recuperi e riciclaggi dei residui.
Stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su di superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.	
Riutilizzo interno dei boccami e dei ritorni	
Stoccare separatamente i vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorirne il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento	
Utilizzo di materiali alla rinfusa o contenitori riciclabili	
Utilizzo di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per aumentare la resa dei metalli e per ottimizzare i flussi di materiali.	

Finitura dei getti

DESCRIZIONE	NOTE
captazione ed il trattamento mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.	I livelli di emissione associati alle BAT per queste operazioni sono: polveri: ≤ 20 mg/Nm^3
utilizzo di combustibili puliti nei forni di trattamento	
gestione automatizzata dei forni di Trattamento Termico e del controllo dei bruciatori	
captazione ed evacuazione dei gas esausti prodotti nelle varie fasi della finitura	

Acque di scarico

DESCRIZIONE	NOTE
separazione delle diverse tipologie di acque reflue	
Massimizzare i ricircoli interni delle acque di processo, ed il loro riutilizzo multiplo.	
trattamento utilizzando opportune tecniche, di tutte le acque dei processi di depurazione delle emissioni e, in generale, di tutte le acque reflue	

BAT PER LA FUSIONE DEI METALLI FERROSI

Criteri di scelta del forno fusorio

La scelta del forno fusorio si basa su criteri economici e tecnici Per la fusione dell'acciaio si utilizzano sia forni elettrici ad arco (EAF) che in forni ad induzione (IF) con criteri di scelta basati su ragioni tecniche (es : capacità, tipologia di acciaio, ecc.). Grazie alla notevole capacità di affinazione, EAF permette la fusione di materiali di recupero di bassa qualità, che rappresenta un vantaggio in termini di riciclo, ma che richiedono un appropriato trattamento delle emissioni attraverso un sistema di depurazione, come verrà descritto in seguito.Per la fusione della ghisa si possono impiegare: il cubilotto, i forni elettrici ad arco, ad induzione ed i forni rotativi. Per ciascun tipo di forno sono definite specifiche BAT

Fusione della ghisa al cubilotto

In relazione al fabbisogno delle linee di colata può essere opportuno lavorare in duplex con un forno di attesa.	Questa pratica consente di evitare continue interruzioni nella marcia del cubilotto, ottimizzando i consumi energetici
Depurare i gas emessi adottando in sequenza il convogliamento, il raffreddamento e la depolverazione con sistemi a secco o ad umido	Livelli di emissione associati alle BAT sono: **Cubilotti a vento freddo** Polveri: $\leq$ 20 mg/Nm^3 SO_2 : $\leq$ 400 mg/Nm^3 NO_x : $\leq$ 70 mg/Nm^3 VOC (NM) : $\leq$ 20 mg/Nm^3 **Cubilotti a vento caldo** Polveri: $\leq$ 20 mg/Nm^3 CO : $\leq$ 1000 mg/Nm^3 SO_2 : $\leq$ 100 mg/Nm^3 NO_x : $\leq$ 200 mg/Nm^3
Utilizzo di vento arricchito con O2 nella misura del 1 – 4 % circa	
Adottare una buona pratica fusoria	
Impiegare coke di qualità conosciuta e controllata	
Utilizzo della post combustione dei gas per i Cubilotti a vento freddo, e recupero del calore per usi interni	
utilizzo di una camera di post combustione separata per i cubilotti a vento caldo, recuperando il calore per preriscaldare il vento e/o per altri usi interni.	
Valutare la possibilità di estendere il recupero del calore anche ai forni di attesa operanti in duplex	
Impiego di sistemi di depurazione delle emissioni ad umido nella fusione con marcia a scoria basica ((CaO % + MgO %) / SiO_2 % > 2).	
Prevenire la formazione di diossina, attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). **N.B**. Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina, non trovano una pratica applicazione nel settore delle fonderie.	

Pretrattamento delle scorie (granulazione, frantumazione), per favorire riutilizzi esterni	Riduzione delle quantità di rifiuti da smaltire
Riutilizzo dei residui di coke (parzialmente bruciato), all'interno del forno	

Fusione di acciaio e ghisa al forno elettrico ad arco.

Applicare affidabili sistemi di controllo di processo, per contenere i tempi di fusione e di trattamento del metallo fuso	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3 CO : ≤ 200 mg/Nm^3 NOx : ≤ 50 mg/Nm^3
Utilizzare pratiche di s*chiumatura* delle scorie (iniezione di ossigeno e polvere di carbone nella scoria alla fine della fusione)	
Captazione dei fumi in emissione con tecniche ad alta efficienza	
Raffreddare i fumi in uscita ed abbattere le polveri utilizzando filtri a tessuto	

Fusione di acciaio e ghisa al forno elettrico ad induzione

Impiego di energia elettrica a media frequenza per i nuovi impianti	Razionalizzazione dei consumi energetici,
Dove applicabile, recuperare il calore	
Usare rottami e ritorni puliti evitando ruggine, sporcizia e sabbia	riduzione di emissioni e della quantità di scorie

Captare i gas di scarico utilizzando tecniche idonee ad ottimizzare la captazione degli effluenti, durante tutte le fasi del ciclo operativo del forno.	I livelli di emissione associati alle BAT sono: **Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3**
Utilizzo, ove necessario per ottenere i livelli di emissione associati alle BAT indicati, di sistemi di depurazione delle emissioni a secco	

Fusione della ghisa al forno rotativo

Adottare misure per aumentare l'efficienza del forno (regime del bruciatore, posizione del bruciatore, carica, composizione del metallo, temperature)	Aumento della resa termica e riduzione delle emissioni
Impiego di bruciatore ad ossigeno	
Captare i fumi in uscita del forno, utilizzare la post-combustione, raffreddare e depolverare con filtri a tessuto	Livelli di emissione associati alle BAT sono:

Prevenire la formazione di diossina, attraverso misure primarie (interventi sul processo), o secondarie (tecniche di trattamento delle emissioni). **N.B**. Le tecniche specifiche di trattamento delle emissioni di diossina, non trovano una pratica applicazione nel settore delle fonderie.	Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3 CO : ≤ 30 mg/Nm^3 NOx : ≤ 250 mg/Nm^3 SO_2 : ≤ 130 mg/Nm^3

Trattamento del metallo

Nel caso di utilizzo di un convertitore AOD, per l'affinazione dell'acciaio, le BAT sono: • Estrarre e raccogliere i fumi mediante una cappa a calotta	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3
Nella produzione della ghisa sferoidale, le BAT consistono nel: • Adottare una tecnica di sferoidizzazione senza sviluppo di gas. In alternativa catturare i fumi di MgO utilizzando un coperchio o una copertura con dispositivi di estrazione o una cappa mobile • Depolverare le emissioni prodotte dal trattamento, usando filtri a maniche, rendendo possibile l'eventuale riutilizzo delle polveri di MgO(se esiste un mercato locale).	

TECNICHE DI PRODUZIONE GETTI CON FORMA PERSA.

In questo parte del documento, sono riportate le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di sabbia agglomerata con leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e con leganti chimici.
Gli elementi BAT sono presentati , oltre che per le citate fasi produttive di formatura, anche per le successive operazioni di colata, raffreddamento e distaffatura, alle quali esse sono interconnesse.

Formatura in terra a verde
La preparazione della terra a verde consiste nel miscelare la sabbia base con additivi e leganti in appositi mescolatori, in normale atmosfera o sotto vuoto.
Entrambi i metodi sono considerati BAT; i mescolatori sotto vuoto, trovano un utilizzo in impianti in cui la capacità produttiva della sabbia sia superiore alle 60 t/h.

Le BAT per gli impianti di preparazione della terra a verde sono le seguenti:

Chiudere tutte le unità operative dell'impianti di lavorazione delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione), e depolverare le emissioni, in accordo con i livelli di emissione associate alle BAT; se sussistono idonee condizioni di mercato, le polveri di abbattimento possono trovare un riutilizzo all'estero. Per quanto riguarda le parti fini aspirate nelle diverse postazioni del ciclo di lavorazione e di recupero (distaffatura, dosaggio e movimentazione), le BAT sono rappresentate dalle tecniche che ne consentono il reimpiego nel circuito delle terre, in percentuale maggiore del 50%.	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3
Utilizzare tecniche di recupero delle terre. Le aggiunte di sabbia nuova dipende dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%	

Formatura chimica

Vengono utilizzati vari tipi di leganti, ciascuno con specifiche proprietà ed applicabilità.Tutti sono da considerarsi BAT se vengono impiegati secondo le buone pratiche discusse inerenti i controlli di processo e le tecniche di captazione delle emissioni per minimizzarne i livelli.
Per la preparazione di sabbie con agglomeranti chimici, le BAT consistono in

Minimizzare l'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici), e di controllo della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, le BAT consistono nell'utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.	

Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime prima della distribuzione.	
Utilizzo di intonaci refrattari a base di H_2O, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcol, per la verniciatura di forme ed anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie. L'utilizzo di vernici ad alcol rappresentano una BAT nel caso di: • produzioni di forme ed anime complesse e di grandi dimensione. • utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio • produzione di getti in magnesio • produzione di getti in acciaio al manganese, con vernici a base di MgO entrambe le predette tecniche di verniciatura rappresentano delle BAT, per le fonderie con produzioni di piccole serie di getti e per le fonderie con produzioni su commessa. In queste tipologie di fonderie, lo sviluppo di tecniche con vernici ad acqua è legato alla disponibilità di sistemi di essiccazione a microonde o altre tecniche di essiccazione. Quando vengono utilizzate vernici ad alcol, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di captazione delle emissioni prodotte, fissi o mobili, fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate. In aggiunta, nel caso di produzione di anime con sistemi a base di resine fenoliche-poliuretaniche indurite con ammina, le BAT prevedono: • abbattimento delle emissioni prodotte utilizzando idonei sistemi quali: assorbimento su carbone attivo, abbattitori chimici(scrubber), post combustione, biofiltrazione. • Il recupero delle ammine dalle soluzione esauste di abbattimento degli impianti chimici, per quantità che consentano l'operazione in termini economici • Utilizzo di resine formulate con solventi a base aromatica o a base vegetale	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: ≤ 20 mg/Nm^3 Ammine: ≤ 5 mg/Nm^3
Le BAT hanno come obiettivo la minimizzazione della quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione, si applicano le seguenti condizioni:	Recuperare le sabbie all'interno del ciclo delle sabbie, solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo
Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo (i.e. sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, ad eccezione dei sistemi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.	
La sabbia con silicato è rigenerata utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %. Deve essere ridotto l'utilizzo di esteri a lenta reazione	

Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO_2, cassa d'anima calda (hot box) e Croning, e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (i.e. sistemi ad abrasione, sistemi ad impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile (resa), dipende dalla quantità di anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.	Livelli di emissione associati alle BAT per le attività di recupero sono: Polveri: $\leq$ 20 mg/Nm^3 Nox : $\leq$ 150 mg/Nm^3 (recupero termico) SO_2 : $\leq$ 120 mg/Nm^3 (recupero termico)
Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico-termico-meccanico, fogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.	
Monitorare la qualità e la composizione delle sabbie rigenerate	

<u>Colata, raffreddamento e distaffatura</u>

Le fasi di colata, raffreddamento e di distaffatura, producono emissioni di polveri, SOV ed altri composti organici. In queste fasi le BAT sono

Nelle linee di produzione di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento, captare le emissioni prodotte Racchiudere le postazioni di distaffatura/serratura, e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione ad umido o a secco	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: $\leq$ 20 mg/Nm^3
Per le produzioni di grossi getti, colati "in campo" o "in fossa", ove il lay out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale.	

TECNICHE DI PRODUZIONE GETTI COLATI IN FORMA PERMANENTE

Queste tecniche prevedono la colata della lega liquida in una forma metallica (stampo, conchiglia) dalle quali il getto è estratto dopo solidificazion per procedere alle eventuali successive fasi di lavorazione (finitura). In alcuni processi, trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici, precisamente:nella colata per gravità in conchiglia, nella colata per centrifugazione o nella colata a bassa pressione.

Le BAT per la produzione di getti con forma permanente prevedono:

captare le emissioni prodotte nella fase di colata ed eventualmente trattarle con sistemi ad umido o a secco	Livelli di emissione associati alle BAT sono: Polveri: $\leq$ 20 mg/Nm^3
Recuperare/riciclare gli eventuali residui di forma e/o anime presenti	

6. Approfondimenti

Le informazioni che possono essere desunte dall'analisi dei BREF non si esauriscono nell'elencazione delle BAT; in essi è infatti reperibile una considerevole quantità di dati inerenti alle produzioni ed agli impatti ambientali, nonché di indicazioni sulle tendenze tecnologiche e gli sviluppi del settore.
Questa disponibilità di informazioni si presta ad effettuare delle considerazioni più generali sui problemi ambientali del settore, che al di là dello studio d'un singolo impianto, possono arricchire l'analisi delle tematiche sulle BAT, anche se non sono strettamente legate alle Linee Guida.
In quest'ottica si è ritenuto interessante riportare in questo capitolo alcune considerazioni generali inerenti gli aspetti del rumore, dei rifiuti solidi e dei monitoraggi.

6.1 Considerazioni sul rumore

Nelle considerazioni generali introduttive il BREF mette in evidenza la difficoltà di controllare l'inquinamento da rumore e da vibrazioni; a differenza delle emissioni in atmosfera, del trattamento delle acque e della produzione di rifiuti solidi, per i quali si hanno tecnologie ed informazioni adeguate per effettuarne il controllo e la gestione, per il rumore non sono ancora sufficienti le conoscenze ed i metodi per minimizzarlo.
La complessità di questa tematica può essere messa in evidenza con la rappresentazione del fenomeno riportata di seguito.
Qualsiasi configurazione di rumore riscontrabile nella realtà, dalla più semplice alla più complessa, è riconducibile allo schema illustrato nella Fig.1 che costituisce un utile riferimento sia per rappresentare in modo semplificato il fenomeno fisico, sia soprattutto per stabilire in modo esaustivo ed organico i criteri mediante i quali si può ridurre il livello sonoro immesso in un ambiente.

Fig.1

Evidentemente, i primi interventi da effettuare sono quelli sulla sorgente sonora; questo tipo di interventi sono da privilegiare rispetto a quelli realizzati in prossimità dei ricettori in quanto agiscono sulle cause e sono acusticamente più efficaci, mentre gli interventi sui ricettori agiscono sugli effetti,

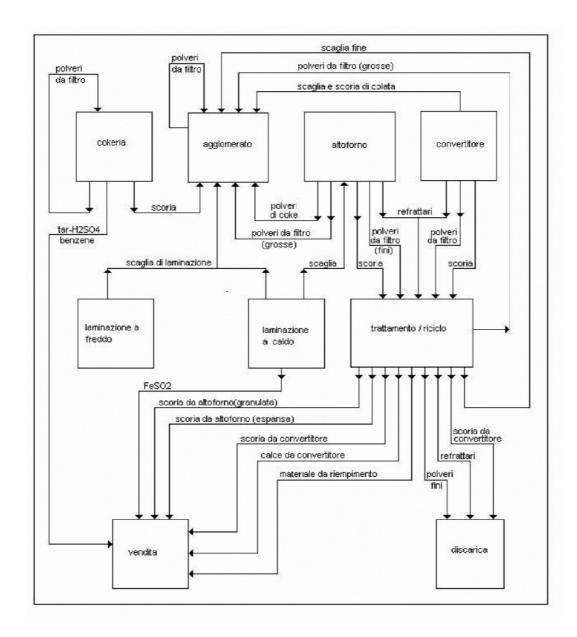
sono meno efficaci e meno accettati dai ricettori stessi. L'efficienza degli interventi è tanto maggiore quanto più la loro attuazione è prevista già nella progettazione dei macchinari e nella pianificazione dei processi; di contro, la bonifica acustica di macchine, attrezzature, impianti, processi di lavorazione (cioè dei punti di generazione) assai spesso è il risultato dell'applicazione di procedure e criteri molto approssimativi, derivanti da una insufficiente conoscenza delle tecnologie disponibili e/o da luoghi comuni, esperienze parziali.
Modifiche successive possono essere difficilmente realizzabili, anche perché alterano la funzionalità della macchina e/o del processo, sono costose e acusticamente meno efficaci; inoltre è difficile trovare una strategia comune per impianti che, pur effettuando lo stesso tipo di produzione, hanno una distribuzione spaziale (lay-out) di processi e conseguenti sorgenti molto diverse tra loro.

E' questo complesso di difficoltà che non consente di avere delle BAT per il rumore in un quadro di riferimento certo ed esaustivo.
Ciononostante, dove è stato possibile, sono state riportate anche per il rumore le indicazioni di alcune BAT.

Oltre alla sorgente sonora, ulteriori interventi a tutela dal rumore, possono essere effettuati prendendo in considerazione le vie di trasmissione e propagazione e le condizioni di ricezione del rumore stesso, soprattutto nel caso di impianti esistenti.
Evidentemente, in questo caso, la tematica fuoriesce dal sito aziendale, per coinvolgere l'ambiente esterno e le differenti condizioni di propagazione e ricezione. La valutazione di metodi per la minimizzazione del rumore, in questo contesto, non attiene più ad un BREF di settore, ma può essere il risultato anche di uno studio più generale che non prenda in considerazione la sorgente sonora.
Indicazioni in tal senso possono essere individuate nei riferimenti normativi specifici per il settore industriale, come quelli riportati nel capitolo 1; ma validi suggerimenti sugli interventi di risanamento, i criteri di progettazione e la valutazione delle priorità di intervento possono essere mutuati da normative di altri settori; in particolare si segnala il decreto del Ministero dell'Ambiente del 29-11-2000 ("Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore") ed i suoi Allegati, che trattano del contenimento e dell'abbattimento delle immissioni rumorose derivanti dai sistemi pubblici di trasporto e relative infrastrutture.

6.2 Rifiuti solidi e sottoprodotti

Tra i rifiuti solidi ed i sottoprodotti del settore siderurgico, le quantità di riutilizzo e di riciclo hanno subito un notevole incremento nel recente passato, ma tuttora considerevoli quantità sono disposte in discarica.

La **figura 1** indica i tipici flussi di materia nella gestione dei residui e dei sottoprodotti in un'acciaieria a ciclo integrale.

Come indicazione generale, si può dire che quando le polveri, i fanghi e le scaglie di laminazione hanno un contenuto in ferro od in carbone abbastanza alto (normalmente >50 %), queste possono essere riciclate nell'impianto di agglomerazione e considerate come materie prime. Anche materiali con alto contenuto di calcare possono essere riciclati, riducendo quindi l'apporto diretto di calcare; attualmente, tutti gli impianti di agglomerazione oggi operanti riciclano polveri, fanghi e scorie di laminazione, con una percentuale di alimentazione compresa tra il 10/20 %.
Accertato, quindi, che l'impianto di agglomerazione, accanto al proprio processo di sinterizzazione, gioca anche l'importante ruolo di riciclare gran parte dei residui per i quali non esiste un'alternativa differente, si può affermare che esso può essere considerato come il "digestore di un'acciaieria a ciclo integrale".

Soltanto una piccola parte, intorno al 16%, di tutte le quantità di residuo prodotte finisce poi in discarica. Tra queste ci sono le polveri fini raccolte nell'impianto di trattamento del gas d'altoforno (BF gas), gli inerti, le polveri fini raccolte negli impianti di trattamento dei fumi dell'acciaieria e, in alcuni casi, i cloruri alcalini ed i cloruri di metalli pesanti presenti nell'ultimo stadio dei precipitatori elettrostatici che trattano i fumi del letto di agglomerazione.

Nella **tabella 1** sono riportati i valori medi delle quantità di rifiuti prodotti in un centro siderurgico a ciclo integrale, nonché i valori medi (anche in %) delle quantità smaltite in discarica; per avere la possibilità di confrontare ed elaborare i dati , le quantità sono state tutte riferite alla tonnellata di acciaio liquido (LS), utilizzando i fattori di conversione usuali (940 kg di ghisa/t LS).

La presenza di range di valori così vasti si giustifica con le diverse realtà impiantistiche nei paesi UE; impianti progettati negli anni sessanta si affiancano ad impianti recentissimi più orientati al recupero e al riciclo.

Rifiuti-residui-sottoprodotti	**Quantità Specifiche kg/t LS**	**Quantità in *Discarica***	
		(%)	**kg/t LS**
Impianto d'agglomerazione *polveri	0,9-15	?	?
Cokerie	-	-	-
Altoforni *polveri dai fumi di colata *polveri dal trattamento gas *fanghi dal trattamento gas *scoria *refrattari dismessi	0,5-1,5 6-16 3-5 200-280 14-25	? - 100 2 100	? - 3-5 4-5,6 14-25
Impianto di desolforazione	9-18	41	4-8
Acciaieria ad ossigeno *polverigrosse dal trattamento gas *polveri fini dal trattamento gas *scoria da convertitore *scorie da siviera, mixer, tundish *scorie da metallurgia secondaria *refrattari dismessi	3-12 9-15 99 34 11 6	12 42 26 9 ? 76	0,4-1,4 3,8-6,3 26 3 ? 4,6
totale	395,4-537,5		62,8-84,9
Acciaieria Elettrica *Scorie per la produzione di *acciai al carbonio *acciai basso legati *acciai alto legati e inossidabili *polveri dal trattamento fumi	129 109 161 15	69 59 34 63	89 64 55 9,5
Colata Continua	4-6	-	-

Tab.1.3: Quantità specifiche medie di rifiuti prodotti e disposti in discarica
(-) quantità trascurabile (?) non determinata e comunque non significativa

Per quanto modesta sia la percentuale dei residui disposti in discarica (16%), le quantità in gioco sono ancora significative, come è facile constatare anche con riferimento all'industria italiana; prendendo in esame la produzione d'acciaio del 1998, che ammonta a 25.782.272 tonnellate, di cui 14.301.255 prodotte in acciaieria elettrica, e considerando che quest'ultimo si suddivide per il 68% in acciai al carbonio e per il restante 32% ugualmente ripartito fra gli acciai basso ed alto legati, l'applicazione della tabella 1.3 porta alla dismissione in discarica di 2,0-2,25 Mt, range in cui ricade il valore fornito dalle rilevazioni del MUD (2,2).

Nell'analisi della tabella si possono distinguere i contributi provenienti da un'alta produzione specifica con bassa percentuale in discarica (per es. la scoria d'altoforno), dai contributi provenienti da una

bassa produzione specifica con alta percentuale in discarica (situazione tipica per i refrattari); evidentemente queste due situazioni, ai fini di ottimizzare il riciclo, vanno riguardate diversamente: nella prima è necessario diminuire la quantità del rifiuto, nella seconda occorre modificarne la qualità e renderlo più recuperabile.

Più critica è la situazione in cui la produzione specifica e la percentuale in discarica hanno entrambe un certo peso, come avviene per le scorie dell'acciaieria elettrica; in effetti la ricerca di maggiori recuperi in questo settore ha già portato a risultati molto lontani dai valori medi espressi in tabella.

Proseguendo nell'analisi dei singoli impianti, tra le BAT presentate, si possono cogliere delle utili indicazioni sulle azioni da intraprendere per migliorare le prestazioni di recupero e di riciclo. Per esempio, il trattamento delle polveri provenienti dai fumi, nelle acciaierie elettriche, trova sempre più spazio perché finalizzato al recupero dello zinco ed alla rimozione o al recupero di altri metalli pesanti (processo Waelz); anche il trattamento della scoria da fusione, in qualche impianto, ha ridotto di molto (al 10%) l'invio in discarica; mentre non si hanno significative informazioni, anche qualitative, sul materiale refrattario dismesso.

Dalla tab.1 abbiamo già osservato che il settore siderurgico italiano comporta annualmente la dismissione in discarica di 2,2 Mton di rifiuti solidi, dato in perfetto accordo con la consuntivazione dei dati MUD; questa corrispondenza del dato complessivo non si riscontra, invece, tra le singole voci; il BREF, infatti, indica come quantità più significative, le scorie non trasformate (400.000 ton) ed i refrattari inutilizzabili (340.000 ton) per la parte proveniente dall'acciaieria a ciclo integrale, le scorie da fusione (1140 ton) e le polveri da trattamento gas (135.000 ton) per la parte proveniente da acciaieria elettrica; i dati consuntivati da MUD danno, invece, rispettivamente: 710.000 ton per le scorie non trasformate, 150.000 ton per i refrattari, 300.000 ton per le scorie da fusione; 240.000 per le polveri da trattamento fumi, 170.000 per i fanghi; valori quindi sostanzialmente diversi, che si allineano nel totale per la presenza di una voce di rifiuti non determinati per ben 550.000 ton.

Le indicazioni riportate nella descrizione dei singoli impianti potrebbero essere d'aiuto anche per superare questa incertezza sulla conoscenza dei dati, consentendo di intervenire su quella percentuale di rifiuti che prende ancora la via della discarica.

6.3 Monitoraggi

6.3.1 Siderurgia

CONTROLLO DELLE EMISSIONI IN ARIA

I parametri caratteristici di ciascun processo produttivo sono controllati in linea al fine di ottenere i prodotti intermedi e finali con le caratteristiche qualitative idonee.
Il conseguimento delle caratteristiche idonee di qualità dei prodotti intermedi e finali è per alcuni versi correlato alla determinazione di un minor impatto ambientale. Conseguentemente le attività per il controllo della qualità del prodotto, determinano indirettamente un controllo anche dell'impatto ambientale derivante dai vari processi di trasformazione.
In associazione a quanto sopra risulta significativo anche il controllo periodico del corretto funzionamento dei sistemi di abbattimento e di quelli atti a limitare il fenomeno emissivo, la cui tipologia di intervento è differenziata a seconda del tipo di sistema (filtro a tessuto, elettrofiltro, filtro ad umido, ecc…).
Per quanto attiene il controllo delle emissioni convogliate in atmosfera sono di seguito riportati i parametri significativi e le frequenze di monitoraggio, nonché nel caso della cokeria i parametri e le relative frequenze per il controllo delle emissioni dagli elementi di tenuta delle batterie di forni a coke e dallo spegnimento ad umido del coke.

COKERIA

- Emissioni convogliate da:

– ***Preparazione miscela di carbon fossili***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

– ***Cokefazione (combustione)***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

– ***Sfornamento del coke***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

– ***Trattamento coke***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

- Emissioni da porte, coperchi di carica, coperchi dei tubi di sviluppo

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Percentuale di porte e sportelletti con emissioni visibili	Semestrale
Percentuale di coperchi di carica con emissioni visibili	Semestrale
Percentuale di coperchi dei tubi di sviluppo con emissioni visibili	Semestrale

Nota: La determinazione dei suddetti parametri consente di controllare le emissioni dai suddetti elementi di tenuta della cokeria, ai fini della limitazione degli inquinanti caratteristici, principalmente costituiti da IPA e benzene

- Emissioni dalla torre di spegnimento ad umido del coke

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

Nota: Determinazione con metodo VDI 2303 *(Guideline for sampling and measurement of dust emission from wet quenching)* delle emissioni di polveri trascinate con il vapore dalla torre di spegnimento ad umido del coke

AGGLOMERATO

- Emissioni convogliate da:

  – ***Omogeneizzazione e miscelazione materiali***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

  – ***Sinterizzazione***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale
CO	Annuale
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale
IPA (DM 12/07/90 All.1, tab.1)	Annuale
PCDD/F (come TEQ)	Annuale

– ***Raffreddamento e trattamento agglomerato***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

ALTOFORNO

- Emissioni convogliate da:

– ***Caricamento materiali (stock-house)***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

– ***Generazione del vento caldo (Cowper)***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

– ***Processo di riduzione in altoforno*** **(Preparazione carbon fossile polverizzato per P.C.I. (macinazione–essiccamento)**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
SOx	Annuale
NOx	Annuale

– ***Colaggio ghisa e loppa***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
SOx	Annuale

ACCIAIERIA AD OSSIGENO

- Emissioni convogliate da:

– ***Trasferimento e pretrattamento della ghisa fusa***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

– ***Affinazione della ghisa* (Sistema con combustione del gas di acciaieria) (*)**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
CO	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

Nota: (*) Nel sistema a combustione soppressa il gas di acciaieria viene recuperato

– ***(Carica convertitore – Spillaggio acciaio)***

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

– **Trattamento metallurgico secondario dell'acciaio**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

– **Colaggio acciaio**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

LAMINAZIONE A CALDO

- Emissioni convogliate da:

– **Condizionamento del semilavorato**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

– **Riscaldo del semilavorato**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
*SOx	Annuale
NOx	Annuale

– **Laminazione (Finitore – Spianatura)**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

* Solamente per utilizzo di combustibili diversi da metano

ACCIAIERIA ELETTRICA

- Emissioni convogliate da:

– **Carica-fusione-spillaggio EAF**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
NOx	Annuale
CO	Annuale
Composti organici volatili non metanici (COVNM)	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale
IPA (DM 12/07/90 All.1, tab.1)	Annuale
PCDD/F (come TEQ)	Annuale

– **Trattamenti di metallurgia secondaria**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale
Metalli (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	Annuale

– **Colata continua**

PARAMETRI	*FREQUENZA*
Polveri	Annuale

6.3.2 Fonderia

Nella tabella seguente vengono individuate le attività di monitoraggio necessarie a verificare la conformità degli impianti di produzione alle indicazioni delle BAT per il settore delle fonderie di metalli ferrosi.
Le singole indicazioni sono riferite alle varie fasi del processo produttivo ed agli specifici impianti e/o tecniche riportate nelle pagine precedenti del documento sulle linee guida per l'applicazione delle BAT al settore.
Se del caso, vengono riportate specifiche indicazioni sulle condizioni operative (fasi produttive, carico dell'impianto, ecc), alle quali il piano di monitoraggio deve riferirsi, per una corretta valutazione delle performance relative.
Con riferimento specifico agli impianti di depurazione delle emissioni, vengono riportate indicazioni relative a eventuali parametri di processo che è opportuno monitorare per verificarne il corretto funzionamento.

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Fusione	Cubilotti a vento freddo (CBC)	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di zolfo (SO_X) • Ossidi di azoto (NO_X) • COVNM (come C totale) • Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF) (totale espressi come TEQ)	Annuale
Fusione	Cubilotto a vento caldo	Emissioni:	
		• Polveri totali	semestrale
		• Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco	semestrale
		• Silice libera cristallina	semestrale
		• Monossido di carbonio	semestrale
		• Ossidi di zolfo (SO_X)	semestrale
		• Ossidi di azoto (NO_X)	semestrale
		• COVNM (come C totale)	semestrale
		• Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF) (totale espressi come TEQ)	Annuale
	Camera post combustione	Temperatura	continuo

Fusione	Forno ad arco	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di Azoto (NO_X) • COVNM (come C totale) • Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF) (totale espressi come TEQ)	Annuale
Fusione	Forno ad induzione	Emissioni: • Polveri • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • COVNM (come C totale)	annuale
Fusione	Forno rotativo	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di zolfo (SO_X) [1] • Ossidi di azoto (NO_X) • COVNM (come C totale) • Policlorodibenzodiossine e polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF) (totale espressi come TEQ)	Annuale
[1] Solo nel caso di utilizzo di combustibili contenenti S			
Trattamento del metallo	Aff.ne in convertitore AOD	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Monossido di carbonio	Annuale

Trattamento del metallo	Sferoidizzazione GS	Emissioni: • Polveri totali • MgO	annuale
Formatura	Formatura "a verde"	Emissioni: • Polveri totali	annuale
	Ciclo recupero terre	Emissioni: • Polveri totali	annuale
	A guscio (shell molding)	Emissioni: • Polveri totali • Fenolo • Formaldeide • Ammoniaca	annuale
	Resine alcalino - fenoliche	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Formiato di metile (2) • Esteri (3)	annuale
(2) processi con indurimento per gasaggio - (3) processi autoindurenti			
Formatura	Resine fenolico - uretaniche	Emissioni: • Fenolo • Isocianato (MDI) • ammina (2)	annuale
(2) processi con indurimento per gasaggio			
Formatura	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Alcol furfurilico • Idrogeno solforato	annuale
Formatura	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Alcol furfurilico • Ammoniaca	annuale
Verniciatura forme/anime	verniciatura	Emissioni: • SOV	annuale
Colata/raffredda mento	Formatura "a verde"	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • SOV • Benzene	annuale
Colata/raffredda mento	A guscio (shell molding)	Emissioni: • Polveri totali	annuale
Colata/raffredda mento	A guscio (shell molding)	• Monossido di carbonio • Fenolo • ammoniaca • aldeidi • benzene • IPA	annuale
Colata/raffredda mento	Resine alcalino - fenoliche	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Fenolo • Formaldeide • SOV	annuale

Colata/raffredda mento	Resine fenoliche - uretaniche	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Ossidi di azoto • Formaldeide • Fenolo • Ammoniaca • SOV	annuale
Colata/raffredda mento	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Formaldeide • Fenolo • Ammoniaca • Anidride solforosa • SOV	annuale
Colata/raffredda mento	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Ossidi di azoto • Formaldeide • Fenolo • SOV • Ammoniaca	annuale
Colata/raffredda mento	Silicato / esteri	Emissioni: • Monossido di carbonio • Acido acetico • Acetone • acroleina	annuale
Distaffatura / sterratura	Distaffatura / sterratura	Emissioni: • Polveri totali	annuale
	Recupero sabbie	Emissioni: • Polveri totali • SOV [4]	annuale
[4] Per processi di recupero a caldo			
Finitura	graniglíatura	Emissioni: • Polveri totali	annuale
	Sbavatura / molatura	Emissioni: • Polveri totali	annuale
	Taglio materozze / attacchi	Emissioni: • Polveri totali	annuale

Depurazione emissioni

varie	Filtro a tessuto	Pressione differenziale filtro Temperatura fumi	continuo
	Abbattitori chimici (scrubber)	PH soluzione di lavaggio	continuo
	Biofiltro - bioscrubber	COD soluzione di lavaggio	continuo

ALLEGATO (1)

Identificazione della normativa ambientale rilevante di settore – Riferimenti impiantistici

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti

D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988)
"Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)"

Le cokerie, gli impianti integrati di produzione di ghisa e di acciaio greggio e gli impianti per la produzione e trasformazione dei metalli sono inclusi nell'allegato I e pertanto devono presentare la domanda di autorizzazione ai sensi degli articoli 12 o 17 del Dpr n. 203

D.M. 12 luglio 1990
"Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.)."

Nell'allegato 2 (valori di emissione per specificate tipologie di impianti) vengono forniti i limiti di emissione i per i seguenti tipi di impianti:

- Impianti di distillazione a secco del carbone (cokerie) (par.14)
- Impianti per l'agglomerazione del minerale di ferro (par.15)
- Impianti per la produzione di ghisa (par.16)
- Impianti per la produzione d'acciaio per mezzo di convertitori, forni ad arco elettrici, e forni di fusione sotto vuoto (par.17)
- Fonderie di ghisa, d'acciaio (par.18)
- Forni di riscaldo e per trattamenti termici, per impianti laminazione ed altre deformazioni plastiche (par.19)
- Impianti di zincatura a caldo (par.20)
- Impianti di trattamento di superfici metalliche con uso di acido nitrico (par.21)

Nell'allegato 1 sono specificati i limiti per gli inquinanti non citati nell'allegato 2;
L'allegato 4 riporta i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni;
L'allegato 5 da delle indicazioni su alcune tecnologie disponibili negli impianti di abbattimento

D.P.R. 25 luglio 1991
"Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989 (G.U. n. 175 del 27 luglio 1991)"

Lo sgrassaggio superficiale dei metalli con consumo di solventi non superiore a 10 kg/g è una attività a ridotto inquinamento atmosferico

Decisione del consigliodel 4 aprile 2001

"Approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti (2001/379/CE) (GUCE n. L 134/40 del 17/5/2001)"

Le parti contraenti il protocollo devono applicare le migliori tecniche disponibili (indicate nell'allegato III) agli impianti rientranti nelle categorie di "grandi fonti fisse", elencate in allegato II, entro determinate scadenze.
Rientrano nell'allegato II, e quindi nelle suddette categorie di "grandi fonti fisse", i seguenti impianti:

- Impianti di produzione di ghisa e acciaio
- Fonderie di metalli ferrosi
- Impianti di sinterizzazione o arrostimento di minerale metallico

D.P.R. 26 ottobre 2001, n. 416
"Regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto, ai sensi dell'articolo 17, comma 29, della legge n. 449 del 1997. (G.U. n. 277 del 28 novembre 2001)"

Nell'articolo 1 si dice chiaramente che tra gli impianti di combustione che sono soggetti alla tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto non sono comprese le batterie di forni per coke, cowper degli altoforni, forni di riscaldo, forni di trattamento termico, ecc.

Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 10 dicembre 2001[(*)]
"Istituisce una disciplina per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio. (Documento 501PC0581, fornito in data 10/12/2001)"

Il sistema di scambio di quote di emissione di gas serra (che verrebbe applicato inizialmente solo alla CO_2) proposto nel documento verrebbe applicato alle categorie di attività elencate nell'allegato I; si tratta delle principali attività produttrici di gas a effetto serra, già disciplinate dalla direttiva IPPC. Tra le categorie di attività elencate in allegato I, ci sono quindi anche gli impianti destinati alla produzione di ghisa e acciaio, gli impianti per l'arrostimento o la sinterizzazione dei minerali metallici e le cokerie.
La proposta consente agli Stati membri di far proprie le procedure di autorizzazione previste dalla direttiva IPPC, ma queste devono prevedere la concessione di un nuovo tipo di autorizzazione (l'autorizzazione di emettere gas a effetto serra) basata sulla presentazione di informazioni supplementari rispetto a quelli attualmente prescritte dalla direttiva IPPC.

V.I.A. e gestione integrata dell'inquinamento (IPPC)

Direttiva 337/85/CEE

"Direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati(G.U.C.E. n. L 175 del 5 luglio 1985)"

Le acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio sono inclusi nell'allegato 1 della Direttiva e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale; le cokerie e gli impianti per la trasformazione dei metalli sono inclusi nell'allegato 2 della Direttiva e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale, quando gli Stati membri ritengono che le loro caratteristiche lo richiedano.

LEGGE 8 luglio 1986, n. 349
"Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 162, 15 luglio 1986, S. O.)"

Nell'articolo 6, comma 2 si dichiara che in attesa dell'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale, le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente sono individuate conformemente alla direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/337 del 27 giugno 1985.

D.P.C.M. 27 dicembre 1988
"Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 (G.U. n. 4 del 5 gennaio 1989)."

Sono riportate le norme per effettuare la valutazione di impatto ambientale per le acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio

D.M. (Sanità) 5 settembre 1994
"Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie (G.U. n. 220 del 20 settembre 1994, S.O.)"

Nella Parte I– (Industrie Di Prima Classe), lettera B (prodotti e materiali) dell'allegato, vengono comprese la produzione di coke, ferro, ghisa, acciaio e le lavorazioni come tranciatura, forgiatura, laminazione a caldo e a freddo dei metalli.

D.P.R. 12 aprile 1996
"Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale (G.U. n. 210 del 7 settembre 1996)"

Gli impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metalliferi che superino 5.000 m² di superficie impegnata o 50.000 mc di volume, gli impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria) compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora, gli impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi e le fonderie di metalli ferrosi con una capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno, sono inseriti nell'allegato B.
Sono pertanto assoggettati alla procedura di valutazione d'impatto ambientale i progetti di cui all'allegato B che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394.

Dir. 96/61/CE (IPPC)

“Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (GUCE n. L 257 del 10/10/1996)”

Nella direttiva compaiono le seguenti attività:

- Cokerie (punto 1.3)
- Impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati (punto 2.1)
- Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora (punto 2.2)
- Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:
  a) laminazione a caldo con una capacità superiore a 20 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;
  b) forgiatura con magli la cui energia di impatto supera 50 chilojoule per maglio e allorché la potenza calorifica è superiore a 20 MW;
  c) applicazione di strati protettivi di metallo fuso con una capacità di trattamento superiore a 2 tonnellate di acciaio grezzo all'ora
  (punto 2.3)

Dir. CE 3 marzo 1997, n. 11(*)

“Modifiche della direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (G.U.C.E. n. L 73 del 14 marzo 1997)”

La Direttiva 337/85/CEE viene integrata anche con le procedure previste dalla direttiva 96/61/CE (IPPC).

D. lgs 4 agosto 1999, n. 372

“Attuazione della direttiva 96/ 61/ CE relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell’inquinamento – IPPC
(G.U. n. 252 del 26 ottobre 1999)”

Come nella direttiva IPPC, nel presente decreto compaiono le seguenti attività:

- Cokerie (punto 1.3)
- Impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati (punto 2.1)
- Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua di capacità superiore a 2,5 tonnellate all'ora (punto 2.2)
- Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:
  a) laminazione a caldo con una capacità superiore a 20 tonnellate di acciaio grezzo all'ora;
  b) forgiatura con magli la cui energia di impatto supera 50 chilojoule per maglio e allorché la potenza calorifica è superiore a 20 MW;
  c) applicazione di strati protettivi di metallo fuso con una capacità di trattamento superiore a 2 tonnellate di acciaio grezzo all'ora
  (punto 2.3)

Si tratta però dei soli impianti esistenti, dato il recepimento incompleto della direttiva

Decisione 2000/ 479/ CE del 17 luglio 2000 della Commissione

"Attuazione del Registro europeo delle emissioni inquinanti (EPER) ai sensi dell'art. 15 della direttiva 96/ 61/ CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (G.U.C.E. L 192 del 28 luglio 2000)"

Alle cokerie è assegnato il codice NOSE-P 104.08 'Cokerie', che corrisponde al codice SNAP2 0104. All'industria della produzione dei materiali non ferrosi sono assegnati i codici NOSE-P 104.12 'Produzione primaria o secondaria di metalli e impianti di sinterizzazione (industria metallurgica che comporta processi di combustione)' e 105.12 'Processi caratteristici nella fabbricazione di metalli e prodotti metallici (Industria metallurgica)', che corrispondono ai codici SNAP2 0303 e 0403.

D.M. (ambiente) 26 aprile 2002

"Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999 (G.U. n. 126 del 31 maggio 2002)".

In base al DM, i gestori dei complessi IPPC comunicheranno all'APAT (ex ANPA) e alle autorità competenti annualmente dati qualitativi e quantitativi di un elenco definito di inquinanti presenti nei reflui gassosi ed acquosi dei loro impianti.

Emissioni e recupero di rifiuti

D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22

"Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.)"

Il decreto riporta in allegato A il Catalogo Europeo dei Rifiuti (che coincide con l'allegato alla decisione 94/3/CE), annoverando:

- nella categoria "Rifiuti inorganici provenienti da processi termici" (codice 10 00 00) i "Rifiuti dell'industria del ferro e dell'acciaio" (codice 10 02 00) e i "Rifiuti della fusione dei metalli ferrosi" (codice 10 09 00);
- nella categoria "Rifiuti inorganici contenenti metalli provenienti dal trattamento e ricopertura dei metalli" (codice 11 00 00) sono annoverati i "rifiuti liquidi e fanghi dal trattamento e ricopertura di metalli (ad esempio, processi galvanici, zincatura, decappaggio, incisione, fosfatazione, sgrassaggio con alcali)" (codice 11 01 00) e le "soluzioni acide di decapaggio" (codice 11 01 05)
- nella categoria "Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone" (codice 05 00 00) sono annoverati i "catrami acidi" (codice 05 06 01), i "catrami" (codice 05 06 03), l' "asfalto" (codice 05 06 02) e i "rifiuti dalle torri di raffreddamento" (codice 05 06 04)

DM 5 febbraio 1998

"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D.Lgs 5 febbraio 1997, n.22"

Nell'allegato I le industrie metallurgiche sono elencate tra le attività di recupero di numerose categorie di rifiuti non pericolosi (allegato I), tra cui rifiuti di ferro, acciaio e ghisa, rifiuti di metalli non ferrosi e loro leghe, ecc. Nello stesso allegato I sono forniti anche i valori limite e le e prescrizioni per le emissioni convogliate in atmosfera delle attività di recupero dai rifiuti non pericolosi.

Dec. CE 3 maggio 2000, n. 532

"Decisione della Commissione che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000)"

Nel nuovo C.E.R. (Catalogo Europeo dei Rifiuti) i "Rifiuti dell'industria del ferro e dell'acciaio" (codice 10 02 00), i "Rifiuti della fusione dei metalli ferrosi" (codice 10 09 00) e i "Rifiuti inorganici contenenti metalli provenienti dal trattamento e ricopertura dei metalli" (codice 11 00 00)
mantengono lo stesso codice; nella categoria "Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone" al posto dell' "asfalto" (codice 05 06 02) compaiono i "rifiuti non specificati altrimenti" (codice 05 06 99).

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti

D.Lgs. 17 agosto 1999, n. 334

"Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose"

Gli impianti siderurgici rientrano negli obblighi di questo decreto in modo articolato; per alcuni si applicano gli articoli 6 ed 8, per la presenza di sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato 1, fra le quali ce ne sono alcune presenti nelle cokerie e nelle fabbriche ad ossigeno; altri impianti rientrano nell'ambito dell'articolo 5, che prevede l'obligo di misure preventive specifiche nell'ambito dell'applicazione del D.Lgs. 626/94 (fra questi ci sono la distillazione del carbone e la produzione di metalli per via elettrica).

N.B. I riferimenti normativi evidenziati (*) non sono ancora vigenti in Italia

Allegato IV

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

2.1 *Impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati*

2.5 *Impianti:*

a) destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici

IPPC

(PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATE DELL'INQUINAMENTO)

DECRETO LEGISLATIVO 372/99 (art. 3, comma 2)

ELEMENTI PER L'EMANAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Categoria IPPC 2.5 : Impianti

a) destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici

b) di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia), con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo ed il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli.

INDICE DEL DOCUMENTO

PREMESSA

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
Questo documento presenta la proposta del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi", istituito il 4 giugno 2003 con la seguente composizione:

- ing. Alfredo Pini (APAT, coordinatore) e dott. Mauro Rotatori (CNR), designati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott.ssa Maria Paola Bogliolo (ISPESL), designata dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Puglisi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Orazio Zoccolan (ASSOMET) e dott. Gualtiero Corelli (ASSOFOND), designati da Confindustria.

Ai lavori del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" hanno preso parte anche funzionari a supporto dei membri designati ed esperti nel settore. In particolare, ai lavori del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" hanno contribuito, a vario titolo:

- ing. Claudio Munforti ed ing. Giovanni Tula (ALCOA) come esperto
- ing. Michele Bortolami (RAFFMETAL) come esperto
- ing. Alberto Zanini (EUROPA METALLI) come esperto
- ing. Aldo Zucca (PORTOVESME) come esperto
- ing. Alfredo Teodosi (EURALLUMINA) come esperto
- ing. Giancarlo Urbani (AIRPB) come esperto
- dott. Federico Spadoni (CNR) come esperto
- ing. Fabio Fortuna (APAT) come esperto, ing. Nazzareno Santilli (APAT) come esperto e sig.ra Anna De Luzi (APAT) per la segreteria del gruppo.

Nelle sue prime riunioni il GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" (d'ora in poi semplicemente GTR) ha inteso delineare gli scopi e gli obiettivi del proprio lavoro che si possono così sintetizzare:

- il GTR ha prodotto due documenti: uno relativo alla "produzione di metalli non ferrosi" (il presente documento) a partire da materia prima vergine o riciclata ed un altro relativo alla "fusione e lega di metalli non ferrosi" (oggetto di separata pubblicazione);
- gli elementi che il GTR propone alla Commissione Nazionale MTD hanno la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze tecnologiche nel settore sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione;

- in quanto strumento di approfondimento delle conoscenze questo documento non contiene indicazioni su "limiti di emissione", essendo questi ultimi il risultato di un processo di valutazione che deve tenere in conto aspetti specifici dell'industria che si autorizza e del sito su cui tale industria opera; la proposta di linea guida del GTR contiene piuttosto un'elencazione di tecniche disponibili ritenute le migliori oggi utilizzabili sia dal punto di vista tecnico che economico e delle prestazioni ambientali che sono conseguibili con le tecnologie proposte; le prestazioni saranno presumibilmente indicate sotto forma di intervalli di valori, in analogia con quanto fatto nel BRef comunitario;
- questo documento non contiene indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede;
- questo documento contiene invece gli elementi del monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici del settore, lasciando gli elementi generali per la definizione del piano di monitoraggio e controllo dell'azienda alla linea guida generale sui "sistemi di monitoraggio".

Il GTR ha inoltre discusso e concordato un'impostazione relativa all'analisi costi-benefici delle MTD che saranno valutate. In una visione del rapporto costi-benefici che include i costi ed i benefici sia per le industrie che per la collettività, il GTR ha ritenuto che la fattibilità economica sia per definizione una valutazione che deve essere effettuata caso per caso e da colui che ha la competenza per l'individuazione della specifica tecnica. Il GTR ha individuato molte ragioni a sostegno di questo assunto. Vale la considerazione che una fattibilità economica non può prescindere dalla realtà aziendale che viene trattata (quanto meno per la dimensione dell'azienda), non può prescindere dalla collocazione territoriale degli impianti (per la definizione dei costi ovvero dei benefici sociali e per la valutazione della presenza di infrastrutture sul territorio che consentono determinate scelte aziendali). Poiché il prodotto richiesto al GTR è il complesso degli elementi per la definizione di una "linea guida", si ritiene che esso possa comprendere solo alcune indicazioni propedeutiche all'effettuazione dell'analisi di fattibilità del tipo costi/efficacia.

Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techiniques Reference documents (BRefs)*. L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del ministero dell'Ambiente.
Per il settore della produzione e trasformazione di metalli non ferrosi è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the non Ferrous Metals Industry – May 2000" disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es.

Nei riferimenti al BRef, nel seguito questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).

Questo documento è stato redatto in funzione delle attività più diffuse nel nostro Paese. Le attività produttive con una maggiore presenza nel territorio sono principalmente associate ai metalli alluminio, rame, piombo e zinco. Per questi metalli, nel seguito, si individuano ed analizzano tutti gli aspetti inerenti l'applicazione in Italia delle MTD.
Eventuali informazioni per produzioni nazionali di altri metalli, potranno essere comunque trovate nel testo del BRef comunitario sui metalli non ferrosi e nel capitolo di questo documento dedicato ai processi comuni.

Il testo che segue, infatti, è stato articolato in un capitolo che affronta la descrizione delle tecniche che sono utilizzate comunemente in tutte le produzioni di metalli non ferrosi, ed in capitoli dedicati singolarmente alle specifiche produzioni scelte come rilevanti nel panorama nazionale. La volontà di rendere comprensibili anche eventuali letture limitate alle singole produzioni ha comportato la necessità di alcune ripetizioni che, ovviamente, comportano un inevitabile ma contenuto appesantimento del testo, in caso di lettura complessiva.

IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DI SETTORE

La ricognizione normativa proposta in questo paragrafo intende indirizzare il lettore verso le norme rilevanti della vigente legislazione ambientale, in relazione allo specifico settore della produzione di metalli non ferrosi, con particolare riferimento a quelle norme che prevedono autorizzazioni ambientali.

L'elenco che viene presentato nel seguito non ha alcuna pretesa di completezza né può essere adottato nei procedimenti autorizzativi come riferimento unico ed esauriente, tanto più che esso non comprende una parte di normativa, quella di genesi regionale, che comunque deve essere presa in considerazione e rispettata nell'esercizio delle attività suddette.

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203	Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 140 del 16 giugno 1988, S.O.).	-
D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)	Gli impianti per la produzione e trasformazione dei metalli sono inclusi nell'allegato I e pertanto devono presentare la domanda di autorizzazione ai sensi degli articoli 12 o 17 del Dpr n. 203

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.M. 12 luglio 1990	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.).	Nell'allegato 2 (valori di emissione per specificate tipologie di impianti) vengono forniti i limiti di emissione i per i seguenti tipi di impianti: ▪ Impianti per la produzione di ferro-leghe mediante processi elettrotermici o pirometallurgici (par.22) ▪ Impianti per la produzione primaria di metalli non ferrosi (par.23) ▪ Impianti per la produzione d'alluminio (par.24) I limiti di emissione contenuti nei citati paragrafi dell'allegato 2 sono fissati senza far riferimento ad un valore determinato di concentrazione di O_2 nei fumi, ma si rimanda all'art. 3 in cui, in maniera generale, si cita "il tenore d'ossigeno ... è quello derivante dal processo". È necessario che l'autorità competente valuti attentamente questo aspetto e fissi un valore di riferimento. Nell'allegato 1 sono specificati i limiti per gli inquinanti non citati nell'allegato 2; L'allegato 4 riporta i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni; L'allegato 5 da delle indicazioni su alcune tecnologie disponibili negli impianti di abbattimento
D.P.R. 25 luglio 1991	Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989 (G.U. n. 175 del 27 luglio 1991)	-
L. 15 gennaio 1994, n. 65	Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992 (G.U. n. 23 del 29 gennaio 1994, S.O.)	-
D.M. (Ambiente) 15 aprile 1994	Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 20 maggio 1991 (G.U. n. 107 del 10 maggio 1994)	-
D.M. (Sanità) 5 settembre 1994	Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie (G.U. n. 220 del 20 settembre 1994, S.O.)	Nella Parte I– (Industrie Di Prima Classe), lettera B (prodotti e materiali) dell'allegato, vengono comprese la produzione delle ferro-leghe, degli altri metalli, e le lavorazioni come tranciatura, forgiatura, fonderia di rottami di recupero
D.M. (Ambiente) 7 febbraio 1995	Modalità e contenuti delle domande di concessione e/o di autorizzazione all'installazione di impianti di lavorazione o di deposito di oli minerali (G.U. n. 56 dell'8 marzo 1995)	-

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.M 21 dicembre 1995	Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali (G.U. n. 5dell'8 gennaio 1996)	-
D. Lgsl. 4 agosto 1999, n.351	Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria (G.U. n. 241 del 13-10-1999)	-
D.M. (Ambiente) 25 febbraio 2000, n. 124	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del d.p.r. 24 maggio 1998 n. 203 e dell'art. 18, comma 2, lettera a), del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 114 del 18 maggio 2000).	-
D. M. 25 agosto 2000	Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203. (G.U. n. 223 del 23 settembre 2000, S.O.)	-
Decisione del consiglio del 4 aprile 2001	Approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico trans-frontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti (2001/379/CE) (GUCE n. L 134/41 del 17/15/2001)	Le parti contraenti il protocollo devono applicare le migliori tecniche disponibili (indicate nell'allegato III) agli impianti rientranti nelle categorie di "grandi fonti fisse", elencate in allegato II, entro determinate scadenze. Rientrano nell'allegato II, e quindi nelle suddette categorie di "grandi fonti fisse", i seguenti impianti: ▪ Impianti per la produzione di rame, piombo e zinco a partire da minerale o da minerale concentrato o da materie prime secondarie con processi metallurgici, di capacità superiore a 30 tonnellate al giorno per gli impianti e a 15 tonnellate al giorno per gli impianti secondari, o per qualsiasi produzione primaria di mercurio
D.M. (Ambiente) 4 giugno 2001	Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337 (G.U. n. 205 del 4 settembre 2001)	-
D.M. (Ambiente) 7 settembre 2001	Recepimento della direttiva 99/32/CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo in alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 279 del 29 novembre 1995)	-

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.R. 26 ottobre 2001, n. 416	Regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto, ai sensi dell'articolo 17, comma 29, della legge n. 449 del 1997 (G.U. n. 277 del 28 novembre 2001)	-
DPCM 8 marzo 2002	Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 60, 12 marzo 2002, Serie Generale)	-
D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Recepimento della direttiva 1999/ 30/ CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/ 69/ CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (S.O. 77/ L alla G.U. n. 87 del 13 aprile 2002)	-

Inquinamento Idrico		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.lgs. 11 maggio 1999, n. 152	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (G.U. n. 124 del 29 maggio 1999, S.O.).	-
Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152	"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/ 271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/ 676/ CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto 18 agosto 2000, n. 258 (S.O. 172/ L alla G.U. n. 246 del 20 ottobre 2000)	-
D.M. 12 giugno 2003 n.185	Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 (G.U. n. 169 del 23 luglio 2003)	-
Decreto 6 novembre 2003, n.367	Regolamento concernente la fissazione di standard di qualita' nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. (GU n. 5 del 8-1-2004)	-

Approvvigionamento di acqua al di fuori dei pubblici servizi		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Decreto Lgs. 12 luglio 1993 n.275	Riordino in materia di concessione di acque pubbliche (G.U. n. 182 del 5 agosto 1993).	-
Legge 5 gennaio 1994, n.36	Disposizioni in materia di risorse idriche (G.U. n. 24 del 19 gennaio 1994).	-
D.P.R. 18 febbraio 1999, n. 238	Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della L. 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche (G.U. n. 173 del 26 luglio 1999).	-

Valutazione Impatto Ambientale (V.I.A.)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Direttiva 337/85/CEE	Direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (G.U.C.E. n. L 175 del 5 luglio 1985)	Gli impianti di produzione, compresa l'affinazione, filatura e laminatura di metalli non ferrosi, salvo i metalli preziosi, sono inclusi nell'allegato 2 della Direttiva e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale, quando gli Stati membri ritengono che le loro caratteristiche lo richiedano.
LEGGE 8 luglio 1986, n. 349	Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 162, 15 luglio 1986, S. O.)	Nell'articolo 6, comma 2 si dichiara che in attesa dell'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale, le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente sono individuate conformemente alla direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/337 del 27 giugno 1985.
DPCM 377 del 10 agosto 1988	Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 204 del 31 agosto 1988).	Recepisce solo parzialmente la direttiva 337/85 poiché considera solo gli impianti dell'allegato I alla direttiva 337/85/CEE
D.P.C.M. 27 dicembre 1988	Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 (G.U. n. 4 del 5 gennaio 1989).	-
D.P.R. 12 aprile 1996	Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale (G.U. n. 210 del 7 settembre 1996)	Gli impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metalliferi che superino 5.000 m² di superficie impegnata o 50.000 mc di volume, gli impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi e gli impianti destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici, sono tutti inseriti nell'allegato B. Sono pertanto assoggettati alla procedura di valutazione d'impatto ambientale i progetti di cui all'allegato B che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394. Per i progetti elencati nell'allegato B, che non ricadono in aree naturali protette, l'autorità competente verifica, secondo le modalità di cui all'art.10 e sulla base degli elementi indicati nell'allegato d, se le caratteristiche del progetto richiedono lo svolgimento della procedura di valutazione d'impatto ambientale
D.P.R. 11 febbraio 1998	Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6 (G.U. n. 72 del 27 marzo 1998)	-

Valutazione Impatto Ambientale (V.I.A.)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348	Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere (G.U. n. 240 del 12 ottobre 1999)	-
D.P.C.M. 3 settembre 1999	Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale (G.U. n. 302 del 27 dicembre 1999)	-
D.P.C.M 1 settembre 2000	Modificazioni ed integrazioni del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 settembre 1999, per l'attuazione dell'articolo 40, primo comma, della legge 22 febbraio 1994, n.146, in materia di valutazione di impatto ambientale	-

Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Dir. 96/61/CE (IPPC)	Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (GUCE n. L 257 del 10/10/1996)	Nella direttiva compaiono le seguenti attività: Impianti (punto 2.5): a) Destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici.
D. lgs 4 agosto 1999, n. 372	Attuazione della direttiva 96/ 61/ CE relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento – IPPC (G.U. n. 252 del 26 ottobre 1999)	Come nella direttiva IPPC, nel presente decreto compaiono le seguenti attività: Impianti (punto 2.5): a) Destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici. La norma si applica ai soli impianti esistenti (art. 1, comma 2), dato il recepimento incompleto della direttiva 96/61/CE
Decisione 2000/ 479/ CE del 17 luglio 2000 della Commissione	Attuazione del Registro europeo delle emissioni inquinanti (EPER) ai sensi dell'art. 15 della direttiva 96/ 61/ CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (G.U.C.E. L 192 del 28 luglio 2000)	All'industria della produzione dei materiali non ferrosi sono assegnati i codici NOSE-P 104.12 'Produzione primaria o secondaria di metalli e impianti di sinterizzazione (industria metallurgica che comporta processi di combustione)' e 105.12 'Processi caratteristici nella fabbricazione di metalli e prodotti metallici (Industria metallurgica)', che corrispondono ai codici SNAP2 0303 e 0403
D.M. (ambiente) 23 novembre 2001	Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES) (S.O. 29 alla G.U. n. 37 del 13 febbraio 2002)	-
D.M. (ambiente) 26 aprile 2002	Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999 (G.U. n. 126 del 31 maggio 2002)	In base al DM, i gestori dei complessi IPPC comunicano all'APAT (ex ANPA) e alle autorità competenti annualmente dati qualitativi e quantitativi di un elenco definito di inquinanti presenti nei reflui gassosi ed acquosi dei loro impianti. La comunicazione è dovuta solo nel caso in cui il livello dei citati inquinanti superi i valori indicati in apposite tabelle allegate al decreto (Tabella 1.6.2. e 1.6.3).

Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Legge n. 39 del 1 marzo 2002	Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europea (S. O. n. 54 alla Gazzetta Ufficiale n. 72 del 26 marzo 2002)	All'art. 41 è disposta la Delega al Governo per l'attuazione integrale della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento: "Il Governo e' delegato ad emanare, entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, un decreto legislativo per l'integrale attuazione della direttiva 96/61/CE del Consiglio, del 24 settembre 1996, sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, mediante modifiche al decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, in base ai seguenti principi e criteri direttivi: a) estensione delle disposizioni del citato decreto legislativo n. 372 del 1999, limitate agli impianti industriali esistenti,anche ai nuovi impianti e a quelli sostanzialmente modificati; b) indicazione esemplificativa delle autorizzazioni già in atto, da considerare assorbite nell'autorizzazione integrata".
DECRETO 19 novembre 2002	Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999. (GU n. 302 del 27 dicembre 2002)	-
Decreto-Legge 24 dicembre 2003, n.355	Proroga di termini previsti da disposizioni legislative (G.U. n. 300 del 29-12-2003)	Il termine di cui all'articolo 4, comma 14, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, e' prorogato al 30 ottobre 2005. In sede di conversione del DL la proroga è stata fissata al 30 aprile 2005.

Inquinamento acustico e controllo delle emissioni sonore da impianti a ciclo continuo		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.C.M. 1° marzo 1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991).	-
L. 26 ottobre 1995, n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 11 dicembre 1996	Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo (G.U. n. 52 del 4 marzo 1997)	-
D.P.C.M. 14 novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 1° dicembre 1997)	-
D.M (Ambiente) 16 Marzo 1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acu-stico (G.U. n. 76 del 1° aprile 1998)	-

Inquinamento acustico e controllo delle emissioni sonore da impianti a ciclo continuo		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.M. (Ambiente) 29 novembre 2000	Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore	-
Direttiva 2002/49/CE	Relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.C.E. L 189 del 18 luglio 2002)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Delibera comitato interministeriale 27 giugno 1984	Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del D.P.R. 10 settembre 1982, n. 985, concernente lo smaltimento dei rifiuti (G.U. n. 253 del 13 settembre 1984, S.O.)	-
D.l. 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla L. 9 novembre 1988, n. 475	Disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali (G.U. n. 213 del 10 settembre 1988; G.U. n. 264 del 10 novembre 1988)	-
D.M. (Ambiente) 26 aprile 1989	Istituzione del catasto nazionale dei rifiuti speciali (G.U. n. 135 del 12 giugno 1989)	-
D.M. (Ambiente) 29 maggio 1991	Indirizzi generali per la regolamentazione della raccolta differenziata dei rifiuti solidi (G.U. n. 136 del 12 giugno 1991)	-
Direttiva 91/156/CEE del 18 marzo 1991	Modifica la direttiva 75/ 442/ CEE relativa ai rifiuti (G.U.C.E. L 78 del 26 marzo 1991)	-
D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95	Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 87/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.).	-
Reg. CEE 1 febbraio 1993, n. 259	Regolamento del Consiglio relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità Europea nonché in entrata e in uscita dal suo territorio (G.U. C.E. n. L 30 del 6 febbraio 1993)	-
L. 25 gennaio 1994, n. 70	Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale (G.U.n. 24 del 31 gennaio 1994)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230	Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti	L'art.157 (sorveglianza radiometrica su materiali), prevede che i soggetti che compiono, a scopo industriale, operazioni di fusione di rottami o di altri materiali metallici di risulta, effettuino sugli stessi, una sorveglianza radiometrica al fine di rilevare la presenza di eventuali sorgenti dismesse. Lo stesso articolo, al comma 3, demanda ad un apposito decreto sia la definizione delle condizioni di applicazione dell'art.157, sia le eventuali esenzioni. Il citato previsto decreto non è ancora stato emanato
D.M. (Industria) 16 maggio 1996, n.392	Regolamento recante norme tecniche relative all'eliminazione degli olii usati (G.U.n. 173 del 25 luglio 1996)	-
D.M. (Ambiente) 18 luglio 1996	Ammontare dell'imposta unitaria dovuta per i rifiuti dei settori minerario, estrattivo, edilizio, lapideo e metallurgico smaltiti in discarica (G.U. n. 250 del 24 ottobre 1996)	-
D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).	Il decreto riporta in allegato A il Catalogo Europeo dei Rifiuti (che coincide con l'allegato alla decisione 94/3/CE), annoverando nella categoria "Rifiuti inorganici provenienti da processi termici" (codice 10 00 00) i "Rifiuti della metallurgia termica dell'alluminio" (codice 10 03 00), i "Rifiuti della metallurgia termica del piombo" (codice 10 04 00), i "Rifiuti della metallurgia termica dello zinco" (codice 10 05 00), i "Rifiuti della metallurgia termica del rame" (codice 10 06 00), i "Rifiuti della metallurgia termica di argento, oro e platino" (codice 10 07 00), i "Rifiuti di altri processi metallurgici non ferrosi" (codice 10 08 00). È inoltre presente la categoria "Rifiuti inorganici contenenti metalli provenienti dal trattamento e ricopertura dei metalli; idrometallurgia non ferrosa" (codice 11 00 00). Nell'allegato D sono individuati i rifiuti pericolosi. Tale allegato è stato sostituito dal nuovo CER (decisione CE 3 maggio 2000, n. 5329)
D. Lgs. 8 novembre 1997, n. 389	Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, in materia di rifiuti, di rifiuti pericolosi, di imballaggi e di rifiuti di imballaggio	-
D.M. (Ambiente-Industria) 29 ottobre 1997	Approvazione dello statuto del Consorzio nazionale imballaggi (CONAI) (non pubblicato sulla G.U.)	-
D.M. (Ambiente) 5 febbraio 1998	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 88 del 16 aprile 1998, S.O.)	Nell'allegato I le industrie metallurgiche sono elencate tra le attività di recupero di numerose categorie di rifiuti non pericolosi (allegato I), tra cui rifiuti di ferro, acciaio e ghisa, rifiuti di metalli non ferrosi e loro leghe, ecc. Nello stesso allegato I sono forniti anche i valori limite e le e prescrizioni per le emissioni convogliate in atmosfera delle attività di recupero dai rifiuti non pericolosi.

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.M. (Ambiente) 11 marzo 1998, n. 141	Regolamento recante norme per lo smaltimento in discarica dei rifiuti e per la catalogazione dei rifiuti pericolosi smaltiti in discarica (G.U. n. 108 del 12 maggio 1998)	Il decreto regolamenta anche lo smaltimento dei rifiuti pericolosi, compresi quelli riportati nell'allegato D del D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 145	Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 109 del 13 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 148	Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 110 del 14 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 4 agosto 1998, n. 372	Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti (G.U. n. 252 del 28 ottobre 1998, s.o.)	-
L. 9 dicembre 1998, n. 426	Nuovi interventi in campo ambientale (G.U. n. 291 del 14 dicembre 1998, S.O.)	-
Dir. CE 26 aprile 1999, n. 31	Discariche di rifiuti (G.U.C.E. n. L 182 del 16 luglio 1999)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.M. (Ambiente) 25 febbraio 2000, n. 124	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994 e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n.203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a) del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22. (G.U. 18 maggio 2000, n. 114).	-
D.M. (Ambiente) 18 aprile 2000, n. 309	Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Osservatorio nazionale sui rifiuti, di cui all'articolo 26, comma 4, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 254 del 30 ottobre 2000)	-
Decisione CE 3 maggio 2000, n. 532	Decisione della Commissione che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000)	Nel nuovo C.E.R.. sono state introdotte modifiche ed integrazioni ai codici dei rifiuti prodotti dalle attività di cui alle voci 10.03 (Rifiuti della metallurgia termica dell'alluminio), 10.04 (Rifiuti della metallurgia termica del piombo), 10.05 (Rifiuti della metallurgia termica dell'alluminio), 11.01 (Rifiuti prodotti dal trattamento e ricopertura dei metalli), 11.02 (Rifiuti prodotti dalla lavorazione idrometallurgica dei metalli non ferrosi). Alcune tipologie di rifiuto, sono identificate da una "voce a specchio"; la attribuzione del codice spetta al produttore/detentore sulla base dei criteri definiti in allegato alla decisione stessa.
Decreto legislativo 26 maggio 2000, n.241	Attuazione della direttiva EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti da radiazioni ionizzanti (G.U. 31 agosto 2000, n.203)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Direttiva 9 aprile 2002 del Ministro dell'Ambiente	Indicazioni per la corretta e piena applicazione del Regolamento Comunitario n. 2557/ 2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti (S.O. 102 alla G.U. n. 108 del 10 maggio 2002)	-
Decreto ministeriale 12 giugno 2002, n. 161	Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate (G.U. n. 177 del 30 luglio 2002)	-
Legge 8 agosto 2002, n. 178	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2002, n. 138, recante interventi urgenti in materia tributaria, di privatizzazioni, di contenimento della spesa farmaceutica e per il sostegno dell'economia anche nelle aree svantaggiate. (S.O. alla G.U. n. 187 del 10 agosto 2002)	L'art. 14 del provvedimento fornisce "interpretazione autentica della definizione di *rifiuto* di cui all'articolo 6, comma 1, lettera a), del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 "

Sostanze pericolose: norme generali		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Decreto del Ministero della sanità 23 febbraio 1988, n.84	Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi (G.U. 21 marzo 1988, n.67)	-
Decreto Leg. 3 febbraio 1997, n.52	Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose (G.U. 11 marzo 1997, n.58)	-
Decreto del Ministero della sanità 4 aprilie 1997	Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza (G.U. n. 60 del 13 marzo 1997)	-
Decreto Leg. 16 luglio 1998 n.285	Attuazione di direttive comunitarie in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi, a norma dell'articolo 38, della legge 24 aprile 1998, n. 128 (G.U. n. 191 del 18 agosto 1998)	-
Decreto del Ministero della sanità, 11 aprile 2001	Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (G.U. 26 luglio 2001, n.203)	-
Direttiva 2001/58/CE della Commissione del 27 luglio 2001	Modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/ 45/ CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'art. 27 della direttiva 67/548/ CEE del Consiglio (schede dati di sicurezza). (G.U.C.E. L 212 del 7 agosto 2001) *(Recepita con D. M. (Sanità) del 7 settembre 2002)*	-

Sostanze pericolose: norme generali		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Direttiva 2001/59/CE della Commissione del 6 agosto 2001*	Ventottesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/ 548/ CEE del Consiglio concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose (G.U.C.E. L 225 del 21 agosto 2001)	-
Direttiva 2001/60/CE della Commissione del 7 agosto 2001*	Adeguamento al progresso tecnico della direttiva 1999/ 45/ CE del Parlamento europeo e del Consiglio concernente il riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi (G.U.C.E. L 226 del 22 agosto 2001)	-
D. M. (Sanità) del 7 settembre 2002	Recepimento della direttiva 2001/58/CE della Commissione, del 27 luglio 2001, che modifica per la seconda volta la direttiva 91/155/CEE che definisce e fissa le modalità del sistema di informazione specifica concernente i preparati pericolosi ai sensi dell'art. 14 della direttiva 1999/45/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché quelle relative alle sostanze pericolose conformemente all'articolo 27 della direttiva 67/548/CEE del Consiglio (GU n. 252 del 26-10-2002)	-
D.M. 3 luglio 2003 n.194	Regolamento concernente l'attuazione della direttiva 98/101/CE della Commissione del 22 dicembre 1998, che adegua al progresso tecnico la direttiva del Consiglio 91/157/CEE relativa alle pile ed agli accumulatori contenenti sostanze pericolose (G.U. n. 173 del 28 luglio 2003)	-

Sostanze pericolose: amianto		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Ordinanza del Ministero della sanità 26 giugno 1986	Restrizione all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono. Divieto di uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono (G.U. 9 luglio 1986, n.157)	-
Decreto Legislativo del Governo n. 277 del 15 agosto 1991	Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/447/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 legge 30/7/1990, n. 212. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 200 del 27/08/1991)	-
Legge ordinaria del Parlamento n. 257 del 27 marzo 1992	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 87 del 13/04/1992)	-
D. M. (Sanità) del 06 settembre 1994	Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 220 del 20/09/1994)	-
Decreto Leg. 17 marzo 1995, n.114	Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto (G.U. 20 aprile 1995, n.92)	-
D. M. (Sanità) del 14 maggio 1996	Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 251 del 25/10/1996)	-
Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 luglio 2001*	Modifica della Direttiva del Consiglio 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (2001/C 304 E/07)	-

Sostanze pericolose: amianto		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D. M. (Sanità) del 25 luglio 2001	Rettifica al decreto 20 agosto 1999, concernente "Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (Gazzetta Ufficiale n. 261 del 9/11/2001)	-
Decreto del presidente del consiglio dei ministri del 10 dicembre 2002, n. 308	Regolamento per la determinazione del modello e delle modalita' di tenuta del registro dei casi di mesotelioma asbesto correlati ai sensi dell'articolo 36, comma 3, del decreto legislativo n. 277 del 1991. (Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7/2/2003)	-
D. M. (Ambiente) del 18 marzo 2003, n. 101	Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93. (Gazzetta Ufficiale n. 106 del 9/5/2003)	-

Sostanze pericolose: PCB		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988	Attuazione della direttiva CEE n.85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n.76/769 concernente il ravvici-namento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art 15 della legge 16 aprile 1987, n.183 (G.U. n. 143 del 20 giugno 1988)	-
Decreto del Ministero dell'ambiente 11 febbraio 1989	Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denuncie delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB (G.U. n. 49 del 28 febbraio 1989)	-

Sostanze pericolose: PCB		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
Decreto del Ministero dell'ambiente 17 gennaio 1992	Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT) (G.U. n. 30 del 6 febbraio 1992)	-
Decreto del Ministero della sanità 29 luglio 1994	Attuazione della direttiva CEE n.89/467, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n.76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 aprile 1994, n.146 (G.U. n. 214 del 13 settembre 1994)	-
D. Lgs. 22 maggio 1999, n.209	Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (G.U. n. 151 del 30 giugno 1999)	-
D.l. 30 dicembre 1999, n. 500, convertito, con modificazioni, dalla L. 25 febbraio 2000, n. 33	Disposizioni urgenti concer-nenti la proroga dei termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB, nonché l'immediata utilizzazione di risorse finanziarie necessarie per l'attivazione del protocollo di Kyoto (G.U. n. 48 del 28 febbraio 2000)	-
D.M. (Ambiente) 11 ottobre 2001	Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decon-taminazione o dello smaltimento (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)	-
Comunicazione della Commissione, del 24 ottobre 2001, al Consiglio, al Parlamento europeo ed al Comitato economico e sociale.	Strategia comunitaria su diossine, furani e policlorobifenili [COM(2001) 593 def. - non pubblicato nella Gazzetta ufficiale].	-

Uso di combustibili		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95	Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 7/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 17 febbraio 1993	Modalità e termini di accertamento, riscossione e versamento del contributo dovuto alle imprese partecipanti al Consorzio obbligatorio degli oli usati (G.U. n. 64 del 18 marzo 1993)	-
D.M. (Industria) 16 maggio 1996, n. 392	Regolamento recante norme tecniche relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 173 del 25 luglio 1996)	-
L. 11 novembre 1996, n. 575	Sanatoria degli effetti della mancata conversione dei decreti-legge in materia di recupero dei rifiuti (G.U. n. 265 del 12 novembre 1996)	-
D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 145	Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 109 del 13 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 148	Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 110 del 14 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente-Industria) 15 luglio 1998	Approvazione dello statuto del "Consorzio obbligatorio nazionale di raccolta e trattamento degli oli e dei grassi vegetali ed animali, esausti" (G.U. n. 187 del 12 agosto 1998, S.O.)	-
D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395	Recepimento della direttiva 99/ 32/ CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)	-

Uso di combustibili		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.C.M. 8 marzo 2002	Disciplina delle carat-teristiche merceologiche dei combustibili aventi rile-vanza ai fini dell'inquina-mento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 154 del 3 luglio 2002)	-
L. 6 maggio 2002 n. 82	Conversione in legge del d.l. 7 marzo 2002, n. 22 recante "Disposizioni ur-genti per l'individuazione della disciplina relativa all'utilizzazione del coke da petrolio (pet-coke) negli impianti di combustione" (G.U. n. 105 del 7 maggio 2002)	-

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175	Attuazione della direttiva CEE n. 82/501, relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 127 del 1°giugno 1988).	-
D.P.C.M. 31 marzo 1989	Applicazione dell'art.12 del D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali (G.U. n. 93 del 21 aprile 1989, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 20 maggio 1991	Modificazioni e integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n.175, in recepimento della direttiva CEE n.88/610 che modifica la direttiva CEE n.82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali (G.U. n. 126 del 2 maggio 1996)	-
D.M. (Ambiente) 1 febbraio 1996	Modificazioni e integrazioni al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 marzo 1989 recante: "Applicazione dell'art.12 del D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali" (G.U. n. 52 del 2 marzo 1996)	-

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti agli impianti di produzione dei metalli non ferrosi**
D.P.R. 12 gennaio 1998, n. 37	Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59 (G.U. n° 57 del 10/03/1998)	-
Circolare del Ministero dell'ambiente 3 settembre 1998	Modalità con le quali i fabbricanti per le attività a rischio di incidente rilevante devono procedere all'informazione, all'addestramento e all'equipaggiamento di coloro che lavorano *in situ* (G.U. 26 maggio 1997, n.74)	-
D.M. (Interno) 30 aprile 1998	Modificazioni al decreto ministeriale 2 agosto 1984 recante: "Norme e specificazioni per la formulazione del rapporto di sicurezza ai fini della prevenzione incendi nelle attività a rischio di incidenti rilevanti di cui al decreto ministeriale 16 novembre 1983" (G.U. n. 114 del 19 maggio 1998)	-
D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334	Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 228 del 28 settembre 1999, S.O.)	-
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000	Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza (G.U. n. 195 del 22 agosto 2000)	-
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000	Individuazione delle modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio (G.U. n. 196 del 23 agosto 2000)	-
D.M. (Interno) 19 marzo 2001	Procedure di prevenzione incendi relative ad attività a rischio di incidente rilevante (G.U. n. 80 del 5 aprile 2001)	-
Decreto Ministeriale n.151, 9 maggio 2001	Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante). (G.U. n.138 del 16/6/2001)	-
D.M. (Ambiente) 16 maggio 2001, n. 293	Regolamento di attuazione della direttiva 96/82/CE, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 165 del 18 luglio 2001)	-

RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

Il comparto dell'industria dei metalli non ferrosi in Italia conta più di 25.000 addetti per un fatturato di 14 Miliardi di euro (dati riferiti all'anno 2002) ed è rappresentata prevalentemente da piccole e medie imprese che sono un importante fattore di crescita economica e di sviluppo del sistema industriale nazionale.
L'enorme crescita del riciclo dei metalli dal secondo dopoguerra ad oggi è dovuta principalmente alle loro proprietà intrinseche che consentono di riprodurre nuovi formati in forma grezza da manufatti obsoleti, cascami di lavorazione o residui all'infinito, senza perdite qualitative e con un consumo di energia esiguo rispetto alla produzione da minerale. Normalmente non è possibile distinguere una lega metallica prodotta da minerali e concentrati da una prodotta da materie prime secondarie come, per esempio, i rottami. Il metallo così immesso nel mercato viene recuperato, rifuso e riutilizzato apportando così un necessario e importante contributo allo sviluppo sostenibile.

Attualmente il settore subisce una crescente e sempre più preoccupante concorrenza sia nell'approvvigionamento delle materie prime, sia nei prodotti finali. E' vero che stiamo assistendo ad un trend inarrestabile che porta all'apertura dei mercati e che comporta un generale abbandono delle misure protezionistiche. E' però altrettanto vero che si deve affrontare la questione della pari apertura dei mercati distinguendo una serie di settori produttivi che sono strategici per l'Europa: si deve aver chiaro che l'andamento attuale, indotto dalla regolamentazione dei rapporti tra EU ed alcuni dei nuovi partner commerciali, soprattutto ad Est, porterà ad una sempre crescente dipendenza nell'approvvigionamento di determinate materie prime.
Occorrerà quindi una particolare vigilanza nelle scelte di politica industriale da perseguire.
E prima di tutto occorrerà decidere se si vuole veramente che il futuro dell'Europa sia, per quanto riguarda alcune produzioni strategiche come quelle legate ai metalli ed ai semilavorati, di crescente dipendenza.
Le difficoltà di approvvigionamento del settore hanno tre cause principali e concorrenti:

- i dazi ed i divieti sulle esportazioni di rottami da Russia ed Ucraina;
- il rimborso dell'IVA agli importatori cinesi di rottami di rame;
- i dazi sulle importazioni di materie prime in EU.

L'industria italiana dei metalli non ferrosi pertanto necessita di un attento esame in sede di rapporti bilaterali UE–Russia delle preferenze concesse a questo paese, alla luce della mancanza di misure che dimostrino la volontà di abbattere l'impianto protezionistico ancora in essere; di un'azione della WTO, opportunamente sollecitata dalla Commissione UE, finalizzata ad una corretta applicazione delle norme di adesione alla stessa WTO sottoscritte dalla Cina, facendo particolare riferimento alla concessione di rimborsi delle tasse sull'import agli operatori cinesi; un'attenzione al dumping sociale ed ambientale attuato da alcuni Paesi emergenti, seguito da un esame delle misure che possono adottarsi al fine di indurli ad intraprendere un cammino di avvicinamento agli standard ritenuti universalmente accettabili, per la tutela dei cittadini, consumatori e lavoratori;

Tabella produzioni nazionali	**2001 (t)**	**2002 (t)**
Alluminio	765.800	781.700
Rame e leghe	142.200	135.700
Piombo	221.900	192.700
Zinco	178.600	175.800
Cadmio	352	362
Argento	141	116
Totali	**1.308.993**	**1.286.378**

Congiunture internazionali e nazionali

Alluminio

Nonostante una congiuntura economica mondiale non brillante la capacità installata per la produzione di alluminio primario nel mondo è cresciuta, nel 2002 di ulteriori 1,3 milioni di t/anno, di cui circa 1 milione nella sola Cina.
La produzione mondiale è ammontata a 26,1 milioni di t con un aumento di 1,6 milioni di t (+6,5%); di queste, quasi 4 milioni di t sono state prodotte in Europa occidentale (+1,1%).
La domanda di alluminio primario nel mondo occidentale, pur registrando un incremento del 4,4%, è rimasta al di sotto del picco raggiunto nel 2000 raggiungendo i 25,6 milioni di t (+6,8%).
L'Europa occidentale ha assorbito 6,2 milioni di t (+4,4%) di cui circa 2,2 milioni di t provenienti dalle importazioni.
La produzione europea di semilavorati è incrementata del 2,6% raggiungendo i 6,7 milioni di t. I laminati hanno visto uno sviluppo del 3,4% in linea col trend di medio periodo, mentre i prodotti estrusi, pur uscendo dal campo negativo con un aumento dell'1,2%, rimangono ancora al di sotto della loro linea di sviluppo tendenziale.
La domanda di prodotti laminati (3,5 milioni di t in Europa occidentale), nonostante un anno di non brillante performance delle industrie clienti, è aumentata di un significativo 4,1% grazie all'incremento delle applicazioni del metallo.
La domanda di estrusi, più sensibile al ciclo economico, è cresciuta di un modesto 0,4% rimanendo al di sotto del proprio tasso di sviluppo tendenziale.

In Italia la produzione di alluminio primario ha fatto registrare un livello di stabilità a 190.000 t. Poco brillante anche l'andamento dei semilavorati di alluminio che hanno segnato un -0,5% complessivo, con differenti andamenti tra i vari comparti. Bene gli estrusi, che sono cresciuti del 2,3% giungendo a 438.100 t, in leggera flessione i trafilati che scendono 26.300 t (-1,1%) e decisamente non bene i laminati con 388.100 t (-3,8%) che però, da fine 2002 sembrano mostrare segni di ripresa.
A sostenere la comunque non rosea situazione dell'estrusione è stato il settore dell'edilizia che negli ultimi tre quarti del 2002 ha conosciuto uno spunto positivo, rientrato poi con la prima parte del 2003 quando, però, si sono manifestati deboli segnali positivi provenienti dal settore industriale.

Per quanto riguarda l'alluminio secondario le quotazioni al LME hanno subito, nel periodo da gennaio ad ottobre, una brusca impennata passando da 1.035 $/t di inizio d'anno a quasi 1.300 t verso metà marzo. Dopo una fase centrale di riflessività l'anno si è chiuso in ripresa toccando quasi quota 1.500 a febbraio 2003. Dopo un riassestamento al ribasso fino a tutto agosto, si è avviata una ripresa in settembre.
La produzione di alluminio secondario in Europa occidentale, sommando anche l'uso diretto di rottami, è stata di 3,6 milioni di t, dei quali 2,5 milioni di t rappresentati da leghe per fonderia, in calo dello 0,9% sull'anno precedente.
Sul piano dell'approvvigionamento di rottami il 2002 è stato caratterizzato da un'estrema difficoltà di reperimento di rottami, esplosa durante il mese di febbraio e continuata per tutto il resto dell'anno; la causa principale, per il mercato europeo rimane la drastica limitazione alle provenienze da Russia ed Ucraina. Questa situazione ha avuto come riscontro una lievitazione dei prezzi d'acquisto che non sempre si sono potuti riversare sui listini.
Nonostante il periodo non certo brillante dell'industria dell'auto nazionale che determina la maggior parte della domanda di leghe per fonderia secondarie, la produzione nazionale è cresciuta a 591.300 t (+2,2%). Le negatività, come per tutta l'industria europea, sono legate all'eccessiva compressione dei valori aggiunti e all'approvvigionamento del rottame, che affligge l'intero comparto dei metalli non ferrosi.
La produzione italiana di getti di fonderia di alluminio è stata di 777.000 t con un incremento del 3,5% rispetto all'anno precedente. Tra le tecniche di colata quella a pressione ha rappresentato il 58,5% dei getti prodotti, quella in conchiglia il 35% ed in sabbia il rimanente 6,5%.
Negli usi finali il settore dei trasporti perde peso scendendo al 55% degli impieghi totali dei getti con 427.400 t, in leggero aumento rispetto all'anno precedente. Nonostante il calo della produzione nazionale di autovetture, il settore ha potuto mantenere un discreto livello produttivo grazie alla maggiore domanda di getti dei costruttori esteri, tedeschi e francesi. L'uso in edilizia e nelle costruzioni ha invece registrato una lieve flessione, i getti per questo settore che comunque rappresenta il 18% del mercato totale, sono scesi a 139.900 t principalmente a causa della battuta d'arresto nella produzione di radiatori per uso domestico. La meccanica generale è cresciuta sensibilmente utilizzando 73.800 t che rappresentano il 9,5% dei getti. Il settore elettromeccanico, in sostanziale stabilità, rappresenta il 9% degli usi per 69.900 t. Infine il settore degli elettrodomestici e macchine per ufficio ha registrato un incremento assorbendo 66.000 t di getti che rappresentano l'8,5% del mercato totale.

Rame

Il bilancio mondiale 2002 per il rame raffinato mostra ancora un surplus di offerta di 214.000 t, nonostante la produzione di rame raffinato sia diminuita a 15,29 milioni di t (-1,5%), mentre la domanda globale è aumentata a 15,07 milioni di t con un incremento del 3,8%.
Hanno mostrato un declino della produzione la Russia (-5,6%), il Giappone (-1,8%) gli USA (-16,6%) mentre è in crescita l'UE (+2,1%). L'aumento della domanda globale è stato guidato dalla Cina (+21,1%) e dagli altri Paesi asiatici con la sola eccezione del

Giappone (-2,2%), mentre sono ugualmente in diminuzione gli impieghi le altre due aree industrializzate dell'UE (-3,1%) e degli USA (-5,5%).
La domanda di semilavorati nelle aree industrializzate (UE, USA e Giappone) è diminuita del 3,7%, con un andamento peggiore per quanto riguarda l'Europa (-5,8%).
Questa pesante situazione, che si protrae per il secondo anno consecutivo, ha determinato alcune chiusure di impianti in Francia e Regno Unito, ma ciò non ha portato ad un miglior equilibrio tra domanda ed offerta, che rimane eccedente, e quindi i margini continuano a rimanere compressi.
In Italia la produzione di rame raffinato e leghe (137.700 t) ha fatto registrare un calo del 4,6%, dovuto prevalentemente alla minor produzione di pani di bronzo e ottone per fonderia.
La produzione di semilavorati di rame e leghe (1.258.800 t) è scesa dell'1,5% con una diminuzione dello 0,3% per quelli di rame (576.100 t) e del 2,5% per quelli di leghe (683.700 t). Nonostante il positivo trend nell'edilizia la produzione di laminati di rame è scesa dell'11,5%, mentre più profonda è la crisi nella produzione di laminati di lega (-24,4%). Lo stesso trend negativo ha investito anche la produzione di tubi di rame (-2,2%), mentre quelli in lega hanno segnato un leggero aumento (+1,1%) principalmente nel comparto del cupronichel. Dopo due anni di decrementi è finalmente in ripresa la produzione di filo e corde (+3,7%).
La barra d'ottone è scesa dello 0,5% in conseguenza della crisi del settore del valvolame che è ancora presente nel 2003. Le prospettive per questo settore sono incerte. Il mercato della rubinetteria è stabile, ma permangono le difficoltà sia per l'export, a causa degli elevati valori dell'euro sia, soprattutto, per la difficoltà di approvvigionamento di materia prima.
I getti di leghe di rame prodotti nel 2002 ammontano a 110.000 t, in calo del 3,9% rispetto all'anno precedente. Due i motivi principali di questo risultato negativo: l'andamento stagnante del settore delle costruzioni ma, ancora più grave, la forte concorrenza dei produttori del Far East, cinesi in testa, sul mercato del valvolame e della rubinetteria. Questa situazione ha fortemente pregiudicato uno dei più importanti distretti di questa industria, il polo di Lumezzane, nel quale sono attivi tutti gli elementi della filiera dell'ottone: dalla produzione della barra e dei panetti, alla fonderia ed allo stampaggio.

Zinco

La domanda totale mondiale ha raggiunto il livello record di 8,98 milioni di t (+2,1%).
La domanda europea di zinco raffinato è rimasta stabile per il terzo anno consecutivo a poco più di 2,7 milioni di t ed anche negli USA si è registrata stabilità ma, al contrario dell'Europa, ben al di sotto del picco raggiunto nel 2000.
Per la prima volta dal 1983 la produzione mineraria è diminuita dello 0,9%, mentre la domanda cinese di concentrati è giunta al livello record di 391.000 t, gran parte delle quali approvvigionate nel mondo occidentale.
Nonostante le numerose chiusure temporanee di impianti il totale del metallo raffinato prodotto è aumentato del 2% raggiungendo 9,42 milioni di t. La produzione cinese è, al contrario, diminuita del 3,8% a fronte di consumi interni crescenti, soprattutto per la galvanizzazione, e ciò ha causato la caduta brusca del 22,4 % delle sue esportazioni verso il mondo occidentale.

Nel corso del 2002 il consumo di zinco raffinato in Italia ha recuperato buoni livelli dopo la caduta netta dell'anno precedente raggiungendo 375.200 t, con un incremento del 5,7% rispetto al 2001.
Il quadro generale dimostra che una crescita si è verificata nel settore della zincatura (+2,8%) ed in quello degli usi chimici (+5,2%), mentre diminuzioni sono riscontrabili in tutti gli altri ed in particolare nei semilavorati (-11,2%) e nelle leghe di zinco (-1,8%).
L'industria metallurgica italiana sta attualmente fronteggiando una situazione di cronica scarsità nell'approvvigionamento dei rottami tanto da indurre una crescente sostituzione di questi ultimi con zinco raffinato.
E' questo il motivo principale dell'incremento avvenuto negli impieghi del metallo, in particolare nel settore dell'ottone e nei getti di fonderia.
Per quanto riguarda le produzioni di zinco raffinato, sono state, nel 2002, 175.800 t con una diminuzione dell'1,6 % rispetto al 2001, ripartite rispettivamente in 126.600 t di zinco primario e 49.200 di zinco secondario.
Per quanto infine riguarda l'andamento dei consumi di zinco raffinato nell'anno in corso è prevedibile che si realizzi una leggera diminuzione a 370.000 t (-1,4%) a causa del rallentamento generale delle attività produttive.

Piombo

Durante il 2002 il mercato del piombo raffinato nel mondo occidentale è rimasto pressoché in equilibrio.
Nonostante la continua e rilevante crescita degli impieghi in Cina, principalmente per lo sviluppo della produzione di veicoli, l'uso mondiale di metallo raffinato è sceso, per il secondo anno consecutivo, dell'1,6% a 6,36 milioni di t.
La causa preponderante è stata la contrazione subita dalla domanda statunitense (-12,6%) proveniente dal settore degli accumulatori piombo-acido di tipo industriale per i settori delle telecomunicazioni e delle infrastrutture per l'information technology.
La domanda europea, scesa del 2,8%, si è rivelata meno volatile, in quanto ormai da anni strettamente dipendente dalla produzione di batterie d'avviamento, sia di primo impianto che, soprattutto, di sostituzione, e quindi legata all'evoluzione del settore auto.
La produzione mineraria è diminuita in modo generalizzato in tutti i continenti, con una contrazione globale dell'8,9% a 2,72 milioni di t, la più grave dal 1993.
Numerose miniere cinesi, nella provincia di Guangxi, sono state chiuse nel corso dell'anno con una perdita del 10,2% dell'output minerario interno; come conseguenza è stata forte, per il secondo anno consecutivo, la domanda della Cina sul mercato internazionale dei concentrati, mentre sono diminuite del 14,6% le esportazioni nette di metallo raffinato da questo Paese.
La produzione di metallo raffinato è scesa in Europa del 6,5% a 1,75 milioni di t.
Anche negli USA ed in Giappone si sono avuti cali produttivi, rispettivamente del 3,7% e dell'8,6%. Gli aumenti della produzione di metallo realizzati da Australia, Cina, Canadà e Corea hanno parzialmente compensato la diminuzione che si è assestata allo 0,7% con 6,47 milioni di t.
E' ulteriormente cresciuta fino al 62,2% la quota di metallo raffinato prodotto da materiali secondari, principalmente batterie piombo-acido esauste, al massimo livello storico.

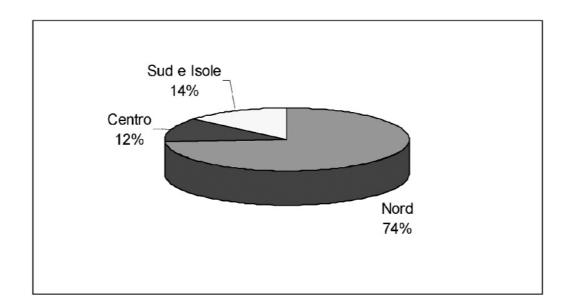
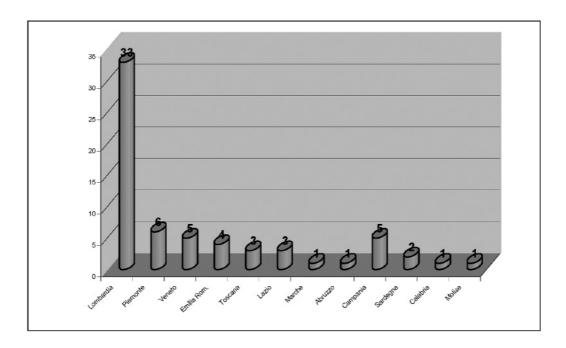
In Italia, nonostante la congiuntura economica generale abbia mostrato segni di diffusa debolezza l'uso di piombo nel 2002 è leggermente aumentato arrivando a 286.800 t (+1,3% rispetto al 2001).
Il principale settore d'impiego è la produzione di accumulatori piombo-acido, passato da 210.000 t nel 2001 a 216.000 nel 2002 (+2,9%) - oltre il 75% dell'intero consumo di piombo. All'interno di questo settore il comparto delle batterie per avviamento ha visto una crescita più sostenuta mentre è si è ridotta la produzione di batterie industriali.
L'impiego di piombo per usi chimici rimane il secondo settore con oltre il 10% del totale (29.400 t). Di queste 20.900 t sono utilizzate nella produzione di ossidi di piombo impiegati principalmente nel settore delle ceramiche.
Segue con il 9% la produzione di semilavorati, in leggero aumento passando da 25.800 t nel 2001 a 26.200 t nel 2002.
Per quanto attiene la rilevazione dei livelli produttivi, si riscontra nell'anno una contrazione del 13,2% con 192.700 t. Di queste, 40.800 t sono state di piombo primario e 151.900 t di piombo secondario. Vale a dire un calo del 29,5% di piombo prodotto da materiali minerari e del 7,4% di piombo prodotto da materiali vari con contenuti in piombo (rottami di batterie, rottami vari, fanghi, scorie, etc.).

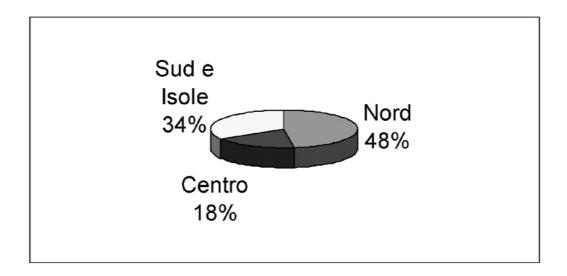
Metalli preziosi

La domanda di oro nel mondo è diminuita, nel 2002, del 9,4% attestandosi a 3.414,5 t. Tutte le forme di impiego hanno mostrato segni di debolezza: i consumi privati scendono del 10,1% e fra questi la gioielleria, il settore di gran lunga il più importante, dell'11,0% con 2.726,7 t. L'oro per impieghi industriali è diminuito del 3,2% a 278,4 t, ed anche il settore dentale, con 68,7 t mostra un leggero calo dello 0,4%.
Anche la domanda mondiale di argento è scesa a 838,2 milioni di oz (-3,5%), a causa della caduta degli impieghi in gioielleria nell'area indiana; in leggero aumento, invece, la domanda nel resto del mondo. Nel settore fotografico la diminuzione è stata del 4% ed è il terzo anno di declino dovuto alla crescente diffusione delle fotocamere digitali che si aggiunge alla generale crisi del turismo. Il comparto radiografico continua invece il proprio trend positivo. La produzione mondiale di argento nel 2002 è stata di 585,9 milioni di oz (+1%). Nonostante il basso prezzo del metallo la produzione mineraria primaria è aumentata dell'8% mentre è scesa la produzione associata ad altri metalli come l'oro (-10%), il piombo-zinco (-3%) ed il rame (-1%).
L'offerta totale di platino nel 2002 è stata di 5,97 milioni di oz, con un incremento dell'1,9%. Il Sud Africa ha contribuito per quasi il 75% aumentando la propria produzione a 4,45 milioni di oz (+8,5%) e compensando il calo della Russia, scesa a 0,98 milioni di oz (-24,6%). La domanda, in crescita del 5,0% a 6,54 milioni di oz, è stata trainata dagli impieghi nei catalizzatori per auto e nella gioielleria che, insieme assorbono oltre l'80% del totale. Continua la crescita del metallo riciclato da catalizzatori esausti che ormai copre oltre il 20% degli impieghi in questo settore.
La produzione 2002 di palladio è caduta drasticamente. L'output della Russia, il principale produttore, è stato meno della metà dell'anno precedente, scendendo da 4,34 a 1,93 milioni di oz; il totale prodotto è quindi stato i di 5,25 milioni di oz, il 28,3% in meno.
Il principale settore d'impiego, le marmitte catalitiche, ha visto una riduzione del 39,5% scendendo a 3,08 milioni di oz, mentre tutti gli altri hanno mostrato trend positivi: in

particolare le leghe dentali (+3,4%), l'industria elettronica (+6,0%) e la gioielleria (+13%).
In Italia le flessioni produttive relative ai metalli preziosi sono state consistenti. L'oreficeria nel 2002 è calata mediamente del 20%, con punte fino al 40% per l'argenteria pesante (vassoi, posate ecc.).
I prodotti di oreficeria ed argenteria hanno scontato anche il fatto che la moda si sia orientata verso altri materiali, ad esempio prodotti di acciaio e/o titanio, di prezzo ben più alto degli omologhi di oro e argento. La pesante ricaduta sulle aziende del settore, è stata affrontata, da alcuni, con lo sviluppo e l'acquisizione di nuove e più elevate tecnologie, che hanno però elevato, corrispondentemente, il rischio d'impresa se la tendenza dovesse rivelarsi di natura strutturale.
Meno peggio sono andati platino e palladio. Quest'ultimo, il cui prezzo si è ridimensionato a un quarto rispetto a qualche anno fa, ha visto leggermente aumentare i consumi nelle leghe dentali, nell'elettronica e nella galvanica.

La distribuzione territoriale

Non tutte le attività di questo comparto industriale ricadono nella normativa IPPC. Si stima che il numero di impianti soggetti alla normativa sia circa una sessantina (per l'esattezza 65 – l'indagine è stata condotta tra le aziende associate ad Assomet, non può essere considerato come quadro nazionale completo). Nel triangolo industriale comprendente le regioni Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna si concentra il 75% ca. delle imprese. Nucleo centrale di quest'area è, ovviamente, la Lombardia dove sono insediate circa il 50% del totale delle imprese. Nel resto d'Italia troviamo un'interessante concentrazione in Campania dove sono presenti circa il 10% degli stabilimenti. Nelle altre regioni sono presenti solo alcuni impianti, alcuni di grandi dimensioni. In Sardegna, per esempio, sono presenti solo due impianti, ma qui si concentra la quasi totalità della produzione italiana primaria (intesa come produzione da minerale e concentrati) di alluminio, zinco e piombo.

La suddivisione regionale

Gli addetti del settore

Il numero degli addetti facenti capo ad aziende soggette alla normativa IPPC è di difficile individuazione poiché molte imprese sono dotate di più unità produttive, le quali non sono tutte necessariamente soggette IPPC. I dati elaborati devono essere quindi presi in considerazione con le dovute cautele. Le taglie delle aziende variano moltissimo; si va dalle poche unità ad alcune migliaia. La maggior parte delle aziende ha da 50 a 200 dipendenti. Osservando i precedenti dati della distribuzione territoriale è facile individuare la Lombardia come regione leader del settore. Qui si concentrano circa 5.000 degli oltre 11.500 addetti totali. A causa delle sopracitate differenti dimensioni aziendali al secondo posto troviamo la Sardegna con circa 3.300 addetti e la Toscana con circa 2.000.

Sud e
Isole
34%
Nord
48%
Centro
18%

DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

Il BRef comunitario descrive le tecniche per la produzione di metalli non ferrosi, sia da materia prima sia da materiali di recupero. Le numerose analogie nella produzione primaria e secondaria rendono impossibile, in molti casi, operare una distinzione tra le tecniche impiegate. La produzione secondaria di metalli non ferrosi comprende la produzione di metalli da materie prime secondarie (compreso il rottame) ed i processi di rifusione e formazione di leghe. È altresì compresa la produzione di anodi di carbonio e grafite (punto 6.8 dell'allegato I della direttiva IPPC) in quanto parte integrante del processo produttivo in alcuni impianti di produzione alluminio primario.
Nei paesi dell'UE è stata censita la produzione di 42 tra metalli non ferrosi e ferroleghe. Sono stati individuati 10 gruppi di metalli caratterizzati da metodi di produzione analoghi.
Questi gruppi sono:

- Cu e relative leghe, Sn e Be
- Al e relative leghe
- Zn, Pb, Cd, Sb e Bi
- Metalli preziosi
- Mercurio
- Metalli refrattari, ad esempio Cr, W, V, Ta, Nb, Re, Mo.
- Ferroleghe, ad esempio FeCr, FeSi, FeMn, SiMn, FeTi, FeMo, FeV, FeB.
- Alcali e metalli alcalino terrosi, Na, K, Li, Sr, Ca, Mg e Ti
- Ni e Co
- Elettrodi di carbonio e grafite

Come già detto in premessa, questo documento è stato redatto in funzione delle attività più diffuse nel nostro Paese. Le attività produttive con una maggiore presenza nel territorio sono principalmente associate ai metalli alluminio, rame, piombo e zinco che coprono sostanzialmente i primi tre punti della lista sopra proposta. Per questi metalli, nel seguito, si individuano ed analizzano tutti gli aspetti inerenti l'applicazione in Italia delle MTD.
Eventuali informazioni per produzioni nazionali di altri metalli, potranno essere comunque trovate nel testo del BRef comunitario sui metalli non ferrosi e nel paragrafo di questo documento dedicato ai processi comuni.

Le produzioni di metalli radioattivi e quella di semiconduttori non sono trattate nel BRef. Sono trattati, invece, gli impianti di cui al punto 2.1 dell'allegato I della direttiva IPPC, cioè gli impianti di agglomerazione ed arrostimento. Questi ultimi sono suddivisi in due categorie:

- impianti integrati al processo di produzione del metallo di cui al punto 2.5, lettera a) e b);
- arrostimento e agglomerazione effettuati come processi autonomi, ad esempio l'arrostimento di solfuro di molibdeno.

Esistono collegamenti con il settore della produzione di composti chimici, anche se i processi impiegati presentano caratteristiche specifiche. In particolare, nel Bref sono trattati i seguenti processi:

- produzione di prodotti di zolfo - quali zolfo elementare, diossido di zolfo e acido solforico;
- produzione di ossido di zinco;
- produzione di composti di nickel;
- produzione di CaSi e Si, dallo stesso forno della produzione di ferrosilicio
- produzione di ossido di alluminio dalla bauxite.

Nel Bref sono anche incluse la descrizione delle operazioni di: laminazione, trafilatura e stampaggio dei metalli non ferrosi, mentre le fonderie sono trattate in un altro specifico documento.

Il documento comunitario è strutturato in tredici capitoli: informazioni generali (capitolo 1), processi comuni (capitolo 2) e processi della produzione metallurgica per i dieci gruppi di metalli considerati (capitoli da 3 a 12). Il capitolo 13 riporta le conclusioni e le raccomandazioni. Sono acclusi anche allegati che illustrano i costi e le normative internazionali.

Ogni capitolo da 2 a 12 comprende sezioni sulle tecniche e sui processi applicati, sugli attuali livelli di consumo e di emissione, sulle tecniche da prendere in considerazione nella determinazione delle BAT e sulle conclusioni in merito alle BAT. Nel capitolo 2 le conclusioni sulle BAT riguardano la movimentazione e lo stoccaggio dei materiali, il controllo del processo, l'abbattimento e la raccolta dei gas, l'eliminazione delle diossine, il recupero del diossido di zolfo, l'abbattimento di mercurio, il trattamento degli effluenti ed il riutilizzo dell'acqua.

I principali aspetti ambientali

Le principali emissioni connesse ai processi di produzione di ciascun gruppo di metalli riguardano:

- per la produzione di rame: SO_2, polveri, CO, composti metallici, composti organici, compresa la possibile formazione di diossina durante il trattamento di materiale secondario; acque reflue contenenti composti metallici; residui quali: rivestimenti dei forni, fanghi, polvere dei filtri e scorie;
- per la produzione di alluminio: fluoruri (compreso HF), polveri, composti metallici, SO_2, COS, idrocarburi policiclici aromatici, COV, gas a effetto serra (PFC e CO_2), la possibile formazione di diossina durante il trattamento di materiale secondario, cloruri e HCl; residui della produzione quali: fanghi rossi, rivestimenti refrattari delle celle elettrolitiche dismesse ("spent pot lining"), polvere dei filtri e scorie; acque di scarico contenenti composti metallici, oli ed ammoniaca;
- per la produzione di piombo, zinco e cadmio: polveri, composti metallici (compresi Pb e Cd metallici), COV compresa la possibile formazione di diossina durante il trattamento di materiale secondario, SO_2 e nebbie di gas acidi; acque di scarico contenenti composti metallici; residui della produzione quali: fanghi, polvere dei filtri e scorie;

- per la produzione di metalli preziosi: COV, polveri, composti metallici, diossine, NOx, cloro e SO_2. Residui della produzione quali: fanghi, polvere dai filtri e scorie; acque di scarico contenenti composti metallici e organici;
- per la produzione di mercurio: vapori di mercurio, polveri, composti metallici, SO_2 e gas acidi di altro tipo; acque di scarico contenenti composti metallici; residui della produzione quali: fanghi, polvere dei filtri e scorie.
- per la produzione di metalli refrattari, polveri di metalli duri e carburi metallici: polveri, metalli duri allo stato solido e composti di metalli, acque di scarico (composti di metalli), residui della produzione quali polvere dei filtri, fango e scorie. Per il trattamento di tantalio e niobio sono impiegate sostanze chimiche come fluoruro di idrogeno (HF), molto tossiche, pertanto risulta necessario adottare le dovute cautele durante le fasi di movimentazione e stoccaggio;
- per la produzione di ferroleghe: polveri, composti metallici, CO, CO_2, SO_2, acque di scarico contenenti composti metallici; residui come polvere dei filtri, fanghi e scorie; recupero di energia;
- per la produzione di metalli alcalini ed alcalino-terrosi: cloro, HCl, diossina, SF_6, polveri, composti metallici, CO_2 e SO_2; acque di scarico acque di scarico contenenti composti metallici, residui della produzione quali fanghi, alluminato, polvere dei filtri e scorie;
- per la produzione di nickel e cobalto: COV, CO, polveri, composti metallici, SO_2, cloro e gas acidi, acque di scarico contenenti composti metallici e organici; residui della produzione quali: fanghi, polvere dei filtri e scorie;
- per la produzione di carbonio e grafite: idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi, polveri e SO_2, residui della produzione come la polvere dei filtri.

La tipologia di materie prime impiegate costituisce un fattore rilevante che incide sull'impiego di energia, sul volume di residui prodotti e sulla quantità di altri materiali utilizzati. Le emissioni in atmosfera dipendono dai sistemi di raccolta e/o di abbattimento utilizzati.
Per ridurre le emissioni di polvere e dei composti metallici, i gas di processo vengono raccolti e quindi depurati in filtri a manica. I filtri a manica di nuova concezione presentano notevoli miglioramenti sotto il profilo della prestazione, dell'affidabilità e della durata. Per eliminare diossine e COV si usano impianti di postcombustione e/o assorbimento su carbone attivo.
Le emissioni di polveri che provengono dallo stoccaggio, dalla movimentazione e dal pre-trattamento di materie prime, dove le emissioni diffuse hanno un ruolo importante, sono solo marginalmente trattabili. Le emissioni diffuse possono assumere una rilevanza anche maggiore rispetto alle emissioni raccolte e abbattute.
In molti processi i sistemi di raffreddamento e l'acqua di processo sono a circuito chiuso, ciò consente di limitare la possibilità di scaricare acqua contaminata. Nel settore anche la produzione di residui è un fattore significativo. I residui presentano tuttavia quantità di metallo che si possono recuperare ed è prassi consueta utilizzarli sul luogo di produzione o in altri impianti per il recupero del metallo. Molte delle scorie prodotte sono inerti, non lisciviabili, e sono utilizzate per applicazioni di ingegneria civile.
Altre, come la scoria salina, possono essere trattate per il recupero di componenti da utilizzare in altri settori industriali.

PROCESSI COMUNI

Considerata la complessità e la molteplicità delle produzioni di metalli non ferrosi in Italia, si è scelto in questo documento di descrivere, separatamente, i processi che si possono ritenere comuni a tutte le attività di produzione e trasformazione di metalli non ferrosi. Il documento proporrà, successivamente, le descrizioni specifiche dei processi che caratterizzano ciascuna produzione di rilievo nel panorama italiano.

Descrizione dei processi comuni per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Ricezione, movimentazione e stoccaggio dei materiali grezzi e dei residui

I materiali utilizzati nella produzione di metalli non ferrosi includono: minerali e concentrati; materiale grezzo secondario (rottami, schiumature, polveri da camini o filtri, scarti, scorie etc.); combustibili solidi, liquidi e gassosi; prodotti chimici (es. reagenti) e gas, impiegati nei processi e nei sistemi di abbattimento o prodotti durante i processi; residui.
Le tecniche impiegate dipendono dal tipo di materiale e sono riassunte nella tabella seguente.

Materiale	**Metalli**	**Metodo di movimentazione**	**Metodo di stoccaggio**	**Commenti**
Concentrati: Soggetti a formazione di polvere Non soggetti	Tutti	Convogliatori chiusi o pneumatici Convogliatori coperti	Edificio chiuso Deposito coperto	Prevenzione della contaminazione delle acque
Materiale a grana fine – polveri metalliche	Metalli refrattari	Convogliatori chiusi o pneumatici Convogliatori coperti	Bidoni, silos, serbatoi chiusi	Prevenzione della contaminazione delle acque e delle emissioni diffuse in aria
Materia prima secondaria: Grande Piccola Sottile Sfrido	Tutti	Caricatore meccanico Benne di carico Chiuso o in agglomerati	Aperto Aree coperte Chiuso, se polverosi Coperto	Prevenzione della contaminazione delle acque Reazioni con l'acqua Drenaggio dell'olio
Flussanti: Formanti polvere Non formanti polvere	Tutti	Convogliatori chiusi o pneumatici Convogliatori coperti	Edificio chiuso Deposito coperto	Prevenzione della contaminazione delle acque
Combustibile solido e coke	Tutti	Convogliatori coperti	Deposito coperto	Se non formanti polvere
Combustibili liquidi e GPL	Tutti	Condutture su sostegni aerei	Stoccaggio certificato Aree perimetrate	Recupero vapori delle linee di distribuzione
Gas di processo: Ossigeno Cloro, CO	Tutti Al, Metalli preziosi	Condutture su sostegni aerei Condutture a pressione ridotta	Stoccaggio certificato	Monitoraggio della perdita di pressione Allarmi per i gas tossici
Solventi	Cu, Zn, Metalli preziosi, Carbonio	Condutture su sostegni aerei Manuale	Bidoni, serbatoi	Recupero vapori delle linee di distribuzione
Prodotti: catodi, vergelle, billette, lingotti, torte	Tutti	Dipende dalle condizioni	Area cementata aperta o stoccaggio coperto	Sistema di drenaggio appropriato
Residui di processo destinati al recupero	Tutti	Dipende dalle condizioni	Aperto, coperto o chiuso in funzione della formazione di polvere e della reazione con l'acqua	Sistema di drenaggio appropriato
Rifiuti da smaltire (es. rivestimenti di forni)	Tutti	Dipende dalle condizioni	Aree aperte, coperte o chiuse, o sigillato (bidoni), in funz. del materiale	Sistema di drenaggio appropriato

Potenziali emissioni

Si tratta in genere di emissioni diffuse che è difficile quantificare. Esiste la potenzialità di emissioni di COV in aria e di oli in acqua o nel suolo, durante il trasferimento e lo stoccaggio di liquidi e gas. Sono possibili emissioni di COV dai serbatoi e da eventuali perdite sui condotti.
Durante le operazioni di carico e scarico, trasferimento e stoccaggio di materiale solido, sono possibili emissioni di polveri e metalli in aria e nel suolo e la risospensione di polvere dalle aree di stoccaggio e dai condotti. Solidi sospesi, olio e vari anioni (es. solfati) possono essere altresì immessi in acqua. Altre emissioni, in aria e in acqua, dipendono dalla presenza e dal tipo di impurità nella materia prima secondaria (acidi, oli, contaminanti organici). Alcuni materiali possono reagire con l'umidità formando ammoniaca o altri gas. Potenziali emissioni in aria e in acqua provengono dai prodotti chimici e dai gas di processo. Esiste infine il potenziale rischio di esplosione o incendio per i combustibili e per alcuni materiali piroforici.

Pretrattamento e trasferimento dei materiali grezzi

Comprende l'insieme di operazioni necessarie ad ottenere un materiale di alimentazione controllato ed affidabile per il processo principale.
Essiccatura. Si applica a: concentrati e flussanti. E' ottenuta mediante applicazione di calore in maniera diretta tramite un bruciatore o con getti di vapore, o indiretta mediante scambiatori di calore a serpentina alimentati a vapore o ad aria calda. Spesso viene vengono utilizzati il calore prodotto nei processi piro-metallurgici o la combustione di gas di scarico ricchi di CO.
Frammentazione e riduzione di dimensioni. Si applica a: scoria, batterie. Per la frammentazione meccanica, vengono utilizzati diversi tipi di frammentatori, tra cui quelli a cono e sfera, su materiale secco e umido. La frammentazione a secco è una potenziale fonte di emissione di polveri, per cui vengono usati sistemi di estrazione e abbattimento. Nella granulazione (frammentazione ad acqua) la scoria fusa viene gettata in un bagno d'acqua o colata attraverso un getto d'acqua, per ridurla in piccole particelle per vari impieghi. I processi di granulazione possono generare polveri fini e aerosol, che devono essere controllati.
Miscelazione. Si applica a: concentrati e flussanti. E' effettuata per mescolare materia prima di diversa qualità o per combinare il minerale con flussanti o riducenti. Viene eseguita in dispositivi appositi durante le fasi di macinatura, convogliamento, essiccatura o stoccaggio. Miscele accurate vengono ottenute mediante tramogge con celle di carico, nastri pesatori o con controllo o con tramogge con controllo di volume. L'operazione di miscelatura può produrre molte polveri, per cui vengono usati alti livelli di contenimento ed estrazione. Per lo stesso motivo viene effettuata la miscelatura ad umido; il fango prodotto viene poi essiccato e passato al processo di pellettizzazione.
Bricchettatura, pellettizzazione ed altri metodi di agglomerazione. Si applica a: concentrati, flussanti e residui.. Tra le tecniche impiegate vi sono la paccottatura di fili metallici o piccoli rottami, compressione in formelle, estrusione o laminazione di paste, pellettizzazione in un disco o in un cilindro rotante. Spesso vengono aggiunti: agenti di rivestimento e leganti (es. molasse, calce, silicato di sodio), le frazioni più grossolane delle polveri di filtro ed eventualmente pece per aumentare la coesione a verde.

Sinterizzazione e calcinazione. Si applica a: concentrati e flussanti. Questi processi sono utilizzati per modificare le dimensioni della materia prima o la sua composizione chimica, per renderle adeguate ai processi successivi L'agglomerazione e la sinterizzazione permettono un più omogeneo flusso del gas attraverso il letto del forno e riducono la formazione di polvere, il volume di gas e le emissioni diffuse. Gli impianti di sinterizzazione impiegano una griglia mobile o continua, oppure una cinghia di acciaio per trasportare il materiale attraverso le zone di riscaldamento e raffreddamento. I gas vengono fatti passare verso l'alto o verso il basso attraverso il letto di materiale. Sono anche utilizzate macchine di sinterizzazione che impiegano una combinazione delle fasi a corrente verso l'alto e verso il basso: queste sono in grado di ridurre il volume di gas e le emissioni diffuse; inoltre permettono un efficiente recupero del calore. La sinterizzazione di minerali sulfurei è esotermica; per altri materiali viene impiegato come combustibile il gas naturale. I gas caldi vengono in genere riutilizzati per pre-riscaldare il letto o l'aria di combustione.
La calcinazione viene effettuata in forni rotativi, a letto fluido o a suola con crogiolo multiplo.
Processi di fumigazione. Si applica a: scorie, polveri di filtri. Sono usati per fumigare i metalli volatili (es. piombo o zinco) dal substrato. Il processo avviene a temperature elevate e sfrutta una fonte di carbonio. Sono comunemente utilizzati forni di Waeltz e forni di fumigazione della scoria.
Eliminazione di rivestimenti e oli. Viene effettuata sulla materia prima secondaria per ridurre il contenuto di materiale organico. Variazioni non trascurabili del contenuto organico nella materia prima possono rendere inefficiente la combustione in alcuni forni, producendo grandi volumi di gas di combustione contenenti composti organici residui. Tali eventi possono generare emissioni significative di fumo, diossine e polveri metalliche, a meno di non utilizzare efficienti sistemi di raccolta e combustione dei gas. L'eliminazione dei rivestimenti di rottami contaminati direttamente nel forno è di solito meno efficiente dell'eliminazione in un forno separato, a causa della maggior produzione di scoria, ma alcuni forni sono appositamente progettati per ricevere contaminati organici.
Per queste operazioni sono impiegati processi di lavaggio e pirolisi, ed eventualmente la centrifugazione per recuperare gli oli. La rimozione dell'olio e di alcuni rivestimenti viene ottenuta in un forno appositamente progettato, detto essiccatore (swarf dryer); per volatilizzare olio e acqua, nella maggior parte dei casi viene usato un forno rotativo a bassa temperatura. Per distruggere i composti organici viene usato un post-combustore a temperatura elevata (maggiore di 850 °C), con filtraggio dei gas prodotti. Per rimuovere lo strato isolante da cavi o altri rivestimenti viene usata spesso la rimozione meccanica. Un'altra tecnica è il lavaggio con solventi e detergenti; i sistemi più comuni sono a vapore di solvente con condensatori integrati, che vengono anche usati per operazioni di sgrassaggio.
Incenerimento e pirolisi. Si applica a: pellicole fotografiche, catalizzatori etc., per concentrare metalli preziosi o recuperare nichel. Sono anche usati per pretrattare i catalizzatori allo scopo di rimuovere il contenuto organico. Sono processi condotti a bassa temperatura per i quali deve essere considerata la potenziale formazione di diossine. I gas prodotti sono trattati in un post-combustore con filtro a manica. Vengono usati semplici forni a scatola e rotativi.
Lisciviazione. Materiali grezzi e residui. È utilizzata per rimuovere le impurità da alcuni concentrati e da materia prima secondaria e per rimuovere il contenuto di cadmio,

cloruri e solfati dai residui.La pre-lisciviazione è anche utilizzata per rimuovere metalli da matrici complesse o per concentrare metalli preziosi. Sono impiegati processi di lavaggio a circuito aperto o chiuso; in quest'ultimo caso viene effettuato uno spurgo della soluzione. L'acqua impiegata viene trattata prima dell'eliminazione.
Tecniche di separazione. Materia prima secondaria. La tecnica più comune è la separazione magnetica (per eliminare il ferro). Altri metodi sono la separazione per densità o tramite un mezzo denso, la classificazione mediante aria, la flottazione. Forni a riverbero con suola inclinata vengono usati per lasciare le impurità a più alto punto di fusione sul crogiolo durante la fusione di zinco, alluminio e piombo. Altre tecniche di separazione, mediante sistemi di rilevamento automatico nel visibile, UV, IR etc. sono usati, in combinazione con classificatori meccanici o pneumatici, ad es. per la lavorazione delle batterie.
Sistemi di carico e trasferimento Sono utilizzati per convogliare il materiale tra le fasi di pre-trattamento e il processo principale. Vedi metodi di movimentazione dei materiali grezzi.

Potenziali emissioni
Polveri metalliche e non; acque contaminate nei processi di lisciviazione ed eliminazione dei rivestimenti; diossine e COV nei processi di incenerimento e pirolisi; SO_2 nei processi di sinterizzazione e di essiccazione di materiale sulfureo; rischio di incendio nell'essiccazione di materiale piroforici; Possibile rilascio in atmosfera di fumi, gas acidi, fuliggini e polveri; rilascio di metalli in acqua dai processi di granulazione e filtraggio.

Minimizzazione e cattura di gas e fumi

I principali metodi di cattura sono: l'impiego di sistemi a forno sigillato, la localizzazione in aree chiuse e l'uso di cappe.
I dati a disposizione confermano che le emissioni diffuse possono essere elevate in molti processi, e possono assumere una rilevanza anche maggiore rispetto alle emissioni catturate e abbattute.
La cattura di gas comporta il movimento di grossi volumi d'aria e quindi grandi consumi d'energia, che vengono minimizzati con accorgimenti progettuali (su cappe, condotti e ventole) mirati ad aumentare il tasso di raccolta e minimizzare le masse d'aria spostate. Importante, a questo scopo, è la conoscenza delle caratteristiche dei gas da catturare e il monitoraggio di alcune variabili quali volume, pressione e temperatura dei gas.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento per i processi comuni

Ricezione, movimentazione e stoccaggio dei materiali grezzi e dei residui

- Sistemi di stoccaggio dei liquidi all'interno di bacini impermeabili di capacità tale da contenere almeno il volume del più grande serbatoio di stoccaggio. Le aree di stoccaggio dovrebbero essere progettate in modo tale che eventuali perdite dalla parte superiore dei serbatoi e dai sistemi di caricamento siano raccolte e contenute nel bacino. Il contenuto dei serbatoi dovrebbe essere indicato e ad esso dovrebbero essere associati allarmi. Pianificazione dei rifornimenti e sistemi di controllo automatico per impedire il sovra-riempimento dei serbatoi di stoccaggio.
- L'acido solforico e altri materiali reattivi dovrebbero essere conservati in serbatoi a doppia parete o in serbatoi situati all'interno di bacini chimicamente resistenti di uguale capacità. Impiego di sistemi di individuazione di perdite e di allarmi. L'area di stoccaggio dovrebbe essere impermeabile e resistente alla sostanza stoccata.
- I punti di rifornimento dovrebbero essere contenuti all'interno del bacino al fine di raccogliere gli sversamenti di sostanze. Al fine di ridurre le emissioni di COV, dovrebbe essere praticato il recupero di vapori nel caricamento. Dovrebbe essere presa in considerazione la ri-sigillatura automatica delle connessioni di distribuzione, al fine di impedire perdite.
- Separazione delle sostanze incompatibili e, se necessario, uso di gas inerti per le aree o i serbatoi di stoccaggio.
- Impiego di intercettatori di solidi e olio, ove necessario, per il drenaggio di aree di stoccaggio all'aperto. Stoccaggio su aree di cemento dotate di cordoli o altri dispositivi di contenimento per il materiale che può rilasciare olio. Impiego di metodi di trattamento degli effluenti adeguati alle specie chimiche stoccate.
- Convogliatori di trasferimento e condutture situati in aree aperte e sicure non sotterranee. Qualora siano impiegate condutture sotterranee, il loro percorso può essere documentato e segnalato e dovrebbero essere adottati sistemi di scavo sicuri.
- Impiego di recipienti a norma per i gas (incluso il GPL), con monitoraggio della pressione dei serbatoi e delle condutture di distribuzione, al fine di prevenire rotture e perdite. In aree confinate e nelle vicinanze dei serbatoi di stoccaggio dovrebbero essere usati sistemi di monitoraggio dei gas.
- Ove necessario, per materiali polverosi possono essere impiegati sistemi di consegna, stoccaggio e ritiro a tenuta, e silos per lo stoccaggio giornaliero. Lo stoccaggio di tali materiali può essere effettuato in edifici completamente chiusi che possono non richiedere particolari dispositivi di filtraggio.
- Per ridurre la tendenza dei materiali a formare polvere possono essere impiegati agenti sigillanti (ad esempio molasse e filmanti), quando appropriati e compatibili.
- Quando necessario, per impedire l'emissione di polveri, nei punti di consegna, nei silos, nei sistemi di trasferimento pneumatico e nei punti di trasferimento dei convogliatori, possono essere impiegati convogliatori chiusi dotati di dispositivo di estrazione e filtraggio robusto e ben progettato.

- Il materiale non polveroso e non solubile può essere conservato su superfici a tenuta dotate di drenaggio e raccolta dello scolo.
- Sfrido, torniture, ed altro materiale oleoso dovrebbero essere conservati coperti per impedire che siano dilavati dalla pioggia.
- Per minimizzare la produzione e il trasporto di polvere all'interno di un sito possono essere utilizzati sistemi di trasporto razionalizzati. L'acqua meteorica che dilava polveri dovrebbe essere raccolta e trattata prima dello scarico.
- Lavaggio delle ruote o della carrozzeria o altri sistemi di pulitura per lavare i veicoli impiegati per la consegna o la movimentazione di materiale polveroso. Possono essere effettuate campagne pianificate di pulizia delle strade.
- Per prevenire sversamenti ed identificare perdite possono essere adottati sistemi di controllo ed ispezione di routine.
- Nel sistema di movimentazione e stoccaggio possono essere incorporati sistemi di campionamento e saggio del materiale, per identificare la qualità del materiale grezzo e pianificare il metodo di processamento. Tali sistemi dovrebbero essere progettati e utilizzati agli stessi livelli standard dei sistemi di movimentazione e stoccaggio.
- Le aree di stoccaggio per i riducenti, quali carbone, coke o trucioli di legno, devono essere sorvegliate per individuare fuochi da autocombustione.
- Uso di buone pratiche di progettazione e costruzione e adeguata manutenzione.

Pretrattamento e trasferimento dei materiali grezzi

- Nei processi di pretrattamento e trasferimento, adozione di dispositivi di estrazione ed abbattimento ben progettati ed efficienti, per impedire l'emissione di polveri e altro materiale. Il tipo di dispositivo dovrebbe tenere conto della natura delle emissioni, del massimo tasso di emissione e di tutte le potenziali sorgenti.
- Impiego di sistemi di convogliamento chiusi per i materiali polverosi, dotati di un dispositivo di estrazione ed abbattimento nei casi in cui siano possibili emissioni di polvere.
- Adozione di processi che "confluiscono" direttamente nel processo successivo, se possibile, per minimizzare la movimentazione e conservare l'energia termica.
- Impiego di sistemi di frantumazione, mescolamento e pellettizzazione ad umido, qualora non siano possibili o appropriate altre tecniche di controllo delle polveri.
- Sistemi di pulitura termica e di pirolisi (es. essiccatura dello sfrido e rimozione dei rivestimenti) che usano un efficiente dispositivo di post-combustione per distruggere i prodotti di combustione (es. COV e diossine) (vedi caratteristiche dei post-combustori).
- Per ridurre l'impatto dei COV, nei processi di lavaggio per rimuovere oli o altri contaminanti si dovrebbero impiegare solventi non dannosi. Dovrebbero essere utilizzati sistemi efficienti di recupero del solvente e dei relativi vapori.
- Adozione di processi di sinterizzazione con nastro d'acciaio, a corrente verso l'alto oppure a corrente verso il basso completamente isolati. La sinterizzazione con nastro d'acciaio ha vari vantaggi per alcuni gruppi di metalli e può minimizzare i volumi di

gas, ridurre le emissioni diffuse e permettere il recupero del calore. Le emissioni diffuse dovrebbero essere prevenute con sistemi di estrazione dei gas.

- Impiego di forni rotativi con spegnimento umido delle ceneri per i processi che prevedono la riduzione di volume del materiale (es. pellicole fotografiche). Impianti più piccoli possono usare un forno a griglia mobile. In entrambi i casi i gas di combustione dovrebbero venire puliti per rimuovere polveri ed eventuali gas acidi.
- Se necessario, per minimizzare la produzione di fumo ed altri effluenti gassosi e per migliorare i tassi di fusione, dovrebbero essere previsti processi di cernita mirati a produrre materiali puliti da destinare al recupero.
- Raccolta e trattamento degli effluenti liquidi prima dello uscita dal processo per rimuovere i metalli non ferrosi e altri componenti.
- Uso di buone pratiche di progettazione e costruzione e adeguata manutenzione.

Tecniche di gestione

Politiche e impegni di gestione

Il sistema di gestione può includere i seguenti fattori:

- Individuazione di tutti gli impatti delle attività, dei prodotti e dei processi, sulla salute, sulla sicurezza e sull'ambiente;
- Impegno a sviluppare ed implementare le misure individuate;
- Comunicazione delle politiche ai dipendenti e agli appaltatori, al fine di raggiungere una consapevolezza generale degli impegni presi e un coinvolgimento nella loro attuazione;
- Impiego di una chiara struttura per la gestione delle questioni ambientali, pienamente integrata nei sistemi decisionali più ampi, a livello di compagnia e di sito;
- Informazione degli operatori sull'importanza del ruolo da essi svolto nella prestazione ambientale di un processo;
- Monitoraggio regolare della prestazione ambientale generale; i risultati possono diventare parte integrante del processo di valutazione gestionale. Possono essere individuati indicatori della prestazione ambientale, da diffondere tra gli operatori, sfruttando il ritorno di informazione da parte di questi ultimi;
- Preparazione di piani di emergenza che identificano i possibili tipi di incidente e forniscono una guida chiara su come questi verranno gestiti e chi ne è il referente. Preparazione di procedure per l'identificazione, la risposta e l'apprendimento da eventuali malfunzionamenti ed incidenti;
- Pianificazione delle procedure di messa in servizio nel caso di avviamento di nuovi processi o ri-avviamento di processi esistenti a seguito di modifiche. La pianificazione deve comprendere l'individuazione degli aspetti ambientali e delle persone responsabili della prestazione ambientale del processo durante il periodo di avviamento.

Progettazione e manutenzione

- Le implicazioni ambientali di un processo nuovo o sostanzialmente modificato andrebbero prese in considerazione nelle fasi iniziali di progettazione e verificate ad intervalli regolari. Tale fase rappresenta il momento economicamente più vantaggioso per apportare cambiamenti che consentano di migliorare l'efficienza ambientale. Un procedimento di audit della progettazione e del processo decisionale è un metodo utile per documentare il modo in cui sono state considerate le diverse opzioni di processo e di tecniche di abbattimento. Dovrebbero essere pianificate anche le procedure di messa in servizio per gli stabilimenti nuovi o ammodernati;
- Le potenziali emissioni diffuse dovrebbero essere prese in considerazione in tutti gli stadi della progettazione;
- Impiego di un programma di manutenzione preventiva, accoppiato con test diagnostici;
- Esame regolare dei sistemi di estrazione e riparazione immediata di eventuali difetti o danni.
- Informazione dei lavoratori riguardo il ruolo che possono giocare mantenendo un'attenta vigilanza, individuazione di procedure mirate ad un loro maggiore coinvolgimento.
- Impiego di una procedura interna per autorizzare modifiche e per intraprendere controlli dopo la loro attuazione.

Formazione

- Chiara definizione dell'esperienza e delle competenze necessarie per ciascuna attività.
- Formazione dei lavoratori riguardo le implicazioni ambientali dei processi e delle loro attività, e riguardo le procedure per affrontare gli incidenti.
- Registrazione dell'itinerario formativo delle varie squadre.
- Coinvolgimento di reparti non tecnici (es. vendite, finanziario) nella formazione sulle questioni ambientali.

Tecniche di controllo del processo

Le tecniche di controllo del processo intese a misurare e mantenere in maniera ottimale parametri come temperatura, pressione, composizione dei gas e altri parametri critici sono considerate BAT.

- La raccolta di campioni e l'analisi delle materie prime consentono di controllare le condizioni degli impianti. Un buon grado di miscelazione di materiali di alimentazione diversi permette di ottenere un rendimento di conversione ottimale e di ridurre le emissioni e la quantità di scarti.
- L'uso di sistemi per pesare e dosare i materiali di alimentazione, l'impiego di microprocessori per controllare l'afflusso di materiale di alimentazione, le condizioni critiche di lavorazione e di combustione e l'aggiunta di gas consentono di ottimizzare il processo. A tal fine è possibile rilevare numerosi parametri e predisporre sistemi di allarme per i parametri critici, tra cui:

- monitoraggio in linea di temperatura, pressione del forno (o depressione) e volume o flusso dei gas;
- monitoraggio di componenti nelle correnti gassose (O_2, SO_2, CO, polvere, NO_x ecc.);
- monitoraggio in linea delle vibrazioni per individuare blocchi e eventuali anomalie dell'attrezzatura;
- monitoraggio in linea di corrente e tensione nei processi elettrolitici;
- monitoraggio in linea delle emissioni per il controllo dei parametri critici;
- monitoraggio e controllo della temperatura dei forni di fusione per evitare la produzione di fumi di metallo e di ossido di metallo dovuti al surriscaldamento.

- È necessario prevedere una formazione e una valutazione costanti di operatori, tecnici e personale addetto in merito all'applicazione delle istruzioni di servizio, all'impiego delle moderne tecniche di controllo, al significato dei segnali di allarme e ai conseguenti interventi da effettuare.
- Una supervisione ottimizzata permetterà di applicare al meglio queste disposizioni e di mantenere la responsabilità degli operatori.

Uso dell'ossigeno nei sistemi di combustione

E' una tecnica che può essere applicata alla maggior parte dei processi di combustione e piro-metallurgici in uso, ed è da considerare BAT, perché porta diversi benefici di carattere ambientale ed economico:

- Aumento del calore rilasciato nel corpo del forno, con conseguente aumento della capacità o del tasso di fusione.
- Significativa riduzione del volume dei gas di processo prodotti (per riduzione del contenuto di azoto) che consente la riduzione delle dimensioni dei condotti e dei sistemi di abbattimento.
- Aumento della concentrazione di SO_2 e di altre sostanze nei gas di processo e conseguente aumento dell'efficienza dei processi di recupero e conversione.
- L'uso di ossigeno puro in un combustore porta alla riduzione della pressione parziale di azoto nella fiamma e quindi alla riduzione della formazione di NO_X. L'arricchimento di ossigeno può non avere lo stesso vantaggio, perché la maggiore temperatura del gas può favorire la formazione termica di NO_X. In questo caso l'ossigeno può venire aggiunto a valle del combustore per ridurre questo effetto e mantenere il miglioramento nel tasso di fusione.
- La produzione di ossigeno presso il sito comporta la produzione di azoto gassoso, che può essere utilizzato in diversi impieghi.
- In un forno, l'iniezione di ossigeno a valle del combustore principale permette di controllare la temperatura e le condizioni di ossidazione separatamente dalle operazioni principali. In questo modo si può aumentare il tasso di fusione senza un inaccettabile aumento della temperatura.

Minimizzazione e cattura di gas e fumi

Le tecniche usate per la gestione dei gas di processo seguono la gerarchia di prevenzione, minimizzazione, cattura. Queste tecniche permettono anche di prevenire e minimizzare le emissioni diffuse, che devono comunque essere prese in considerazione in tutti gli stadi di progettazione e sviluppo di un processo.

- Ottimizzazione del processo e minimizzazione delle emissioni, ad es. mediante pretrattamento termico o meccanico della materia prima secondaria per ridurre al minimo la contaminazione organica della carica.
- Uso di forni o altre unità di processo (es. sistemi di carico)sigillati per evitare le emissioni diffuse, recuperare il calore e raccogliere i gas derivanti dal processo per altri usi (ad esempio CO come combustibile e SO_2 come acido solforico) o per l'abbattimento.
- Uso di forni semisigillati qualora quelli sigillati non siano disponibili.
- Riduzione al minimo dello spostamento di materiale tra i vari processi.
- Nel caso in cui non sia possibile evitare gli spostamenti, uso di canali di colata invece di siviere per i materiali fusi.
- Progettazione di impianti di aspirazione e canalizzazioni per la raccolta di fumi provenienti dal trasporto e dalla spillatura di metallo caldo, matta o scorie.
- Può essere necessaria la chiusura della cappa del forno o del reattore per evitare il rilascio di fumi nell'atmosfera.
- Laddove è probabile che l'estrazione primaria e l'uso della cappa chiusa siano inefficaci, è possibile incapsulare completamente il forno e convogliare l'aria di ventilazione mediante aspiratori, verso sistemi di trattamento e scarico adeguati.
- La raccolta di fumi a livello del tetto consuma molta energia e vi si deve ricorrere come soluzione estrema.
- Una importante, ben consolidata pratica è l'impiego di controlli automatici per le valvole di tiraggio, che permette di cambiare automaticamente il punto di estrazione in base alla sorgente dei gas, conseguendo un risparmio di energia. Questa tecnica può essere applicata a tutte le installazioni, nuove ed esistenti, in particolare per processi non continui.
- Regolare ispezione e manutenzione preventiva della cappa di captazione, dei condotti del sistema di filtraggio e delle ventole. Applicabile a tutti i processi, nuovi e esistenti.

Sistemi di abbattimento

La scelta e la progettazione della tecnica appropriata è particolarmente importante e deve basarsi sulle caratteristiche dell'aria da trattare (volume, pressione, temperatura e contenuto di umidità contenuto e tipologia di polveri e fuliggini). Le prestazioni dei sistemi utilizzati dovrebbero essere monitorate con continuità mediante misura diretta dei gas emessi o di parametri di controllo critici, e includere sistemi di allarme.

Rimozione del particolato

Precipitatori elettrostatici
Opzioni applicabili solo a dispositivi nuovi.

- Uso di un adeguato numero di campi. L'impiego di 4 o più campi deve essere generalmente considerato come stadio di abbattimento finale.
- Uso di componenti in materiale appropriato alle sostanze da trattare.
- Dovrebbero essere presi in considerazione la pre-carica, l'alimentazione pulsata e l'uso di alimentatori a polarità alternata.
- Per polveri o gas umidi possono essere usati precipitatori elettrostatici ad umido o ad elettrodi mobili.

Opzioni applicabili alla maggior parte delle apparecchiature esistenti.

- Possono essere incorporati: condizionamento del gas; buona distribuzione del flusso del gas e delle polveri; uso del martellamento in condizioni di spegnimento della sezione; controllo automatico (microprocessore) del sistema di alimentazione per ciascun campo.

Emissioni associate in condizioni di flusso uniforme (media giornaliera):
Precipitatori elettrostatici: 5-10 mg/Nm^3 (<50 come abbattimento preliminare).
Precipitatori elettrostatici ad umido: <5 mg/Nm^3.

Filtri a tessuto o a manica

- Particolare attenzione alla scelta del materiale del filtro e all'affidabilità del sistema di fissaggio e tenuta. Buona manutenzione. I moderni materiali per filtri sono in genere più robusti, il che, nella maggioranza dei casi, compensa ampiamente il costo aggiuntivo.
- Aggiunta di calce o altri reagenti (es. carbone attivo) per catturare componenti gassose quali SO_X o per rimuovere le diossine.
- Temperatura di lavoro al di sopra di quella di *dew point* del gas. Uso di maniche e fissaggi resistenti al calore per l'uso a temperature elevate.
- Monitoraggio continuo delle polveri mediante dispositivi a impatto, ottici o tribo-elettrici, per l'individuazione di guasti alla manica. Il dispositivo dovrebbe interagire se possibile con il sistema di pulitura del filtro al fine di individuare singoli settori che contengano maniche consumate o danneggiate.
- Raffreddamento del gas e blocco delle scintille, ove necessario; i cicloni sono considerati metodo adeguato per il blocco delle scintille. I filtri più moderni sono organizzati in compartimenti multipli e i compartimenti danneggiati possono essere isolati se necessario.
- Monitoraggio della temperatura e delle scintille, per individuare fuochi in caso di pericolo di combustione; impiego di sistemi a gas inerte o aggiunta di materiali inerti (es. calce) ai gas.
- Monitoraggio della caduta di pressione per controllare il meccanismo di pulitura.

Tutte le tecniche elencate sono adatte a processi nuovi. Possono essere anche applicabili a filtri a tessuto esistenti, che possono essere riadattati.

Emissioni associate all'uso di filtri a tessuto (media giornaliera): 1-5 mg/Nm^3

Filtri ceramici

- Particolare attenzione alla scelta e affidabilità dei sistemi di alloggiamento, fissaggio e tenuta.
- Uso di alloggiamenti e fissaggi termoresistenti.
- Monitoraggio continuo delle polveri mediante dispositivi a impatto, ottici o tribo-elettrici, per l'individuazione di guasti al filtro. Il dispositivo dovrebbe interagire se possibile con il sistema di pulitura del filtro al fine di individuare singoli settori che contengano elementi consumati o danneggiati.
- Condizionamento dei gas ove necessario.
- Sfruttamento della caduta di pressione per il monitoraggio e controllo del meccanismo di pulitura.

Tutte queste tecniche sono adatte a processi nuovi. Possono essere anche applicabili a filtri ceramici esistenti, che possono essere riadattati.

Emissioni associate all'uso di filtri ceramici (media giornaliera): <1 mg/Nm^3

Scrubber a umido

Questi dispositivi devono essere presi in considerazione quando la natura delle polveri o la temperatura del gas precludono l'uso di altre tecniche, o quando le polveri sono particolarmente adatte alla rimozione in uno scrubber, oppure quando insieme alle polveri devono essere contemporaneamente rimossi dei gas o quando tali dispositivi formano parte di una catena di tecniche di abbattimento. Deve essere applicata energia sufficiente ad assicurare l'umidificazione e l'intercettazione delle particelle.

- Dovrebbero incorporare un sistema di monitoraggio della caduta di pressione, del flusso della soluzione e (se vengono abbattuti gas acidi) del pH. I gas trattati dovrebbero passare ad una sezione di abbattimento di nebbie.

Tali elementi di controllo possono essere applicati alla maggior parte delle installazioni esistenti.

Emissioni associate all'uso di scrubber ad umido (media giornaliera): <20 mg/Nm^3

Post-combustori e torce

Installazioni di questo tipo, se correttamente dimensionate, sono tecniche da considerare per rimuovere COV, diossine, particelle organiche o carboniose o gas combustibili, quali CO e H_2. Il calore dovrebbe essere recuperato ove possibile.

- La permanenza nella camera di combustione o nel sistema rigenerativo deve avvenire per tempi sufficientemente lunghi, e in presenza di ossigeno sufficiente ad assicurare una completa combustione. Un'efficienza di combustione del 99% richiede generalmente un tempo di permanenza di 2 secondi alla corretta temperatura in funzione della presenza di composti clorati. Minori tempi di permanenza e minori temperature possono ugualmente dar luogo alla completa distruzione dei COV e delle diossine, ma ciò dovrebbe essere dimostrato a livello locale sotto condizioni di operazione realistiche. I gas dovrebbero venire raffreddati rapidamente attraverso la finestra di temperatura della riformazione della diossina. È necessaria turbolenza per ottenere un efficiente trasferimento di calore e di massa nella zona di combustione e per evitare "punti freddi". Ciò viene generalmente ottenuto impiegando combustori che generano una fiamma di combustione a vortice, e incorporando deflettori nella camera di combustione.

- Temperatura di lavoro di 200-400°C al di sopra della temperatura di auto-combustione della sostanza più stabile, con temperature minime di lavoro superiori a 850°C. Quando il flusso di gas contiene sostanze clorate le temperature devono essere aumentate a 1100-1200°C.
- Le unità catalitiche operano a temperature minori e le torce richiedono turbolenza, aria e una sorgente di combustione. Se necessario, può essere aggiunto combustibile supplementare.
- I combustori dovrebbero avere un controllo a microprocessore del rapporto aria/combustibile per ottimizzare la combustione.
- Dovrebbe essere dimostrato che la prestazione della combinazione dispositivo, temperatura di lavoro e tempo di residenza porta all'effettiva distruzione dei materiali presenti nel gas in ingresso.

Tali elementi possono essere applicati alla maggioranza delle installazioni esistenti.
Le temperature di lavoro possono essere ottimizzate; l'eventuale arricchimento di ossigeno, al posto dell'aria può aumentare il tempo di residenza del gas (minor volume di gas), aumentando allo stesso tempo la temperatura di lavoro.

Trattamento dei gas mediante scrubbing
Le prime tecniche da prendere in considerazione sono quelle di prevenzione e riduzione della formazione di gas. La riduzione è spesso possibile mediante un buon controllo di processo, mediante selezione della materia prima (es. al fine di escludere la contaminazione organica), impiego di cicli di recupero, o mediante fissaggio delle sostanze nella scoria o nella matta.
L'uso di bruciatori a bassi livelli di NO_x e di aria di combustione "a stadi" per i forni può impedire la formazione di questi gas, per i quali sono documentati valori minori di 100 mg/Nm3.

Scrubber a umido
Devono essere presi in considerazione per la rimozione di basse concentrazioni di SO_2 (minori del 2%) e altri gas acidi quali HF e HCl.
La soluzione leggermente acida prodotta dovrebbe essere riutilizzata, se possibile.
Per i requisiti, vedi sezione relativa alla rimozione del particolato.

Scrubbers a secco o semi-secco
Gli scrubber a secco a carbone attivo sono utili nella rimozione di materia organica (es. diossina) o mercurio.

- Dovrebbero incorporare adeguate camere di miscelazione e reazione.
- Le particelle generate nella camera di reazione possono essere rimosse in un filtro a tessuto o in un precipitatore elettrostatico.
- Il mezzo di scrubbing che ha parzialmente reagito può essere riciclato al reattore.
- Il mezzo di scrubbing esaurito dovrebbe essere usato nel processo principale, se possibile.
- Gli scrubber a semi-secco dovrebbero incorporare un eliminatore di nebbie, se queste vengono prodotte.

Tali elementi possono essere applicati alla maggior parte delle installazioni esistenti.

Rimozione e recupero dello zolfo

Le migliori tecniche disponibili dipendono dal grado di fissaggio dello zolfo nella matta o nella scoria per impedire la formazione di biossido di zolfo, e dalla concentrazione del gas prodotto.
Sono riassumibili nell'elenco seguente.

- Per gas a bassa concentrazione, scrubber a umido o a semi-secco, con produzione di gesso da destinare alla vendita, se possibile.
- Per gas a maggior concentrazione, è considerato BAT il recupero dell'SO_2 per assorbimento in acqua fredda seguito da un impianto di produzione di acido solforico per il gas rimanente e l'estrazione e la produzione di SO_2 liquida dalla soluzione di assorbimento, nei casi in cui esiste un mercato locale per tale sostanza.
- L'uso di un impianto di produzione di acido solforico a doppio contatto con un minimo di 4 passaggi.
- Il principio di massimizzare la concentrazione del gas in ingresso, cosicché il successivo processo di rimozione possa operare alla massima efficienza.

BAT per un impianto per la produzione di acido solforico che sfrutta i gas di uscita di uno smelter

- Utilizzo, per nuove installazioni, di un impianto a doppio contatto e doppio assorbimento con un minimo di 4 passaggi. Per migliorare la conversione può essere usato un catalizzatore rivestito di cesio. E' possibile migliorare i catalizzatori esistenti durante i periodi di manutenzione, incorporando catalizzatori rivestiti di cesio quando vengono fatte aggiunte di catalizzatore. Ciò può essere particolarmente efficace se usato nei passaggi finali, quando il contenuto di SO_2 è più basso, ma per essere pienamente efficace deve essere accompagnato da miglioramenti in altre aree.
- Diluizione dei gas prima degli stadi di contatto per ottimizzare il contenuto di ossigeno ed ottenere un contenuto di SO_2 di circa 14% o leggermente superiore, al fine di rispettare i limiti termici del materiale che porta il catalizzatore (pentossido di vanadio). Un rivestimento di ossido di cesio è necessario per così alte concentrazioni di ingresso perché esso permette una minor temperatura del primo passaggio.
- Per concentrazioni di SO_2 basse e variabili (1.5-4%), un impianto ad assorbimento singolo, quale il processo WSA, può essere usato per impianti esistenti. Per ottenere una prestazione ottimale può essere impiegato, nel passaggio finale, un catalizzatore (pentossido di vanadio) rivestito di ossido di cesio che può essere incorporato durante i cambiamenti di routine del catalizzatore o durante manutenzione. Per essere pienamente efficace ciò deve essere accompagnato da miglioramenti in altre aree, quali la pulitura del gas per proteggere il catalizzatore da avvelenamento. La conversione ad un sistema a doppio contatto è complessa e costosa ma l'impiego di un impianto a contatto singolo con de-solforazione finale del gas, se necessario, per produrre gesso per la vendita, può consentire risparmio energetico e minor produzione di rifiuti.
- Fluoruri e cloruri dovrebbero essere rimossi per prevenire danni alla parte a valle dell'impianto.
- Rimozione delle polveri dal flusso di gas prima degli stadi di catalizzazione, fino ad ottenere una qualità finale del gas <1 mg/Nm^3 di polvere (otticamente pulito). Anche il mercurio dovrebbe essere rimosso a questo stadio, se il suo contenuto nel materiale di alimentazione lo giustifica. Gli impianti esistenti privi di rimozione del

mercurio possono impiegare un processo di scambio ionico o precipitazione, ad es. come tiosolfato di mercurio, per rimuovere il mercurio dall'acido, se ciò è necessario.

- Il triossido di zolfo andrebbe ridotto per dare una concentrazione del gas di ingresso sotto i 15-25 mg/Nm^3 circa. Il debole acido prodotto può essere decomposto e usato per la produzione di acido.
- Uso di sistemi di riscaldamento del gas con controllo automatico laddove il gas è molto debole e il calore di reazione è insufficiente a mantenere la temperatura del letto catalizzatore.
- Raffreddamento dei gas ad una temperatura che soddisfi il bilancio dell'acqua dell'impianto di produzione dell'acido. La temperatura dipende dalla concentrazione di SO_2 del gas e dalla concentrazione dell'acido prodotto.
- Impiego di filtri a candela per rimuovere nebbie acide prima del camino, nei casi in cui queste vengono prodotte.

Rimozione di carbonio totale e COV

Sono generati da cattiva combustione e durante varie operazioni quali sgrassaggio di componenti, processi di estrazione con solventi, emissioni da serbatoi di stoccaggio di solventi e combustibile.
Le tecniche usate per rimuovere o distruggere i COV sono i post-combustori e gli scrubber, con i quali si possono ottenere concentrazioni inferiori ai 10mg/Nm^3. Sono anche usati bio-filtri e bio-reattori, oltre che trappole a carbone attivo e sistemi di raffreddamento/condensa, che permettono il recupero e il riutilizzo del materiale.

Prevenzione della formazione e rimozione delle diossine

La presenza di diossine o la loro formazione nel corso del processo deve essere presa in considerazione per molti processi piro-metallurgici, durante la produzione da materiale grezzo secondario, o in processi che necessitano di clorazione, per incompleta combustione delle impurità presenti o sintesi *de-novo* nei forni o nei sistemi di abbattimento.
In particolare, la presenza di oli e altra materia organica nei rottami o altre fonti di carbonio (riducenti, es. coke, o combustibili parzialmente combusti) possono produrre particelle fini di carbonio che reagiscono con composti clorurati nell'intervallo di temperature 250-500°C generando diossine. Questo processo è conosciuto come sintesi *de-novo*, ed è catalizzato dalla presenza di metalli quali il rame o il ferro. Sebbene vengano distrutte ad alte temperature (oltre gli 850°C) in presenza di ossigeno, la sintesi *de-novo* è ancora possibile se il gas viene raffreddato attraverso la "finestra di riformazione", condizione che può verificarsi nei sistemi di abbattimento e nelle parti più fredde del forno.
Le seguenti tecniche sono considerate le BAT per prevenire la formazione di diossine ed eliminare quelle eventualmente presenti. È anche possibile l'uso combinato di tali tecniche. Risulta che alcuni metalli non ferrosi catalizzano la sintesi *de-novo* e talvolta è indispensabile un gas pulito prima di un ulteriore abbattimento.

- Controllo della qualità dei rottami a seconda del processo utilizzato. Impiego del corretto materiale di alimentazione per il forno o il processo. La selezione e il vaglio per evitare che materiale contaminato venga aggiunto a materiale organico o precursori possono ridurre le possibilità di formazione di diossina.
- Impiego di impianti di postcombustione progettati e azionati in modo adeguato e raffreddamento rapido dei gas caldi fino ad una temperatura inferiore a 250 °C.
- Condizioni di combustione ottimali. Se necessario, ricorrere a iniezioni di ossigeno nella parte superiore del forno per garantire la combustione completa dei gas presenti all'interno.
- Assorbimento su carbone attivo in un reattore a letto fisso o mobile o mediante iniezione nel flusso di gas ed eliminazione come polvere dai filtri.
- Eliminazione altamente efficiente della polvere, ad esempio mediante filtri ceramici, filtri a manica ad alto rendimento o depurazione dei gas a monte di un impianto per acido solforico.
- Uso di una fase di ossidazione catalitica o di filtri a manica dotati di un rivestimento catalitico.
- Trattamento delle polveri raccolte in forni ad alta temperatura per eliminare le diossine e recuperare i metalli.

Le concentrazioni delle emissioni associate a queste tecniche oscillano tra valori inferiori a 0,1 e 0,5 ng/Nm^3 TEQ a seconda dell'alimentazione, dei processi di affinazione o fusione e delle tecniche singole o combinate adottate per eliminare le diossine.
Valori anche inferiori a 0.1 ng//Nm^3 TEQ si possono ottenere attraverso un'opportuna combinazione delle tecniche predette.

Cattura e rimozione di altre impurità

Metalli
Impurità di metalli diversi da quello da estrarre vengono rimosse con processi piro-metallurgici per volatilizzazione o scorificazione. Gli ossidi prodotti possono essere raccolti con tecniche di rimozione delle polveri e poi recuperati per essere riciclati come materia prima per altre produzioni.

Mercurio
La rimozione del mercurio è necessaria quando si usano alcuni materiali grezzi che lo contengono. Il mercurio è volatile alle temperature incontrate nella maggior parte dei sistemi di abbattimento, per cui possono essere necessarie altre tecniche per rimuoverlo. Un elenco di tecniche possibili è il seguente.
- Processo Boliden/Norzink con recupero della soluzione di scrubbing e produzione di mercurio.
- Processo Bolchem con filtraggio del solfuro di mercurio per consentire all'acido di ritornare allo stadio di assorbimento.
- Processo Outokumpu.
- Processo del tiocianato di sodio.

- Filtro a carbone attivo, usato per rimuovere il vapore di mercurio e le diossine dal flusso di gas.
- Per i processi in cui la rimozione del mercurio dai gas non è praticabile, sono da considerarsi BAT, per ridurre il contenuto di mercurio nell'acido solforico prodotto:
- Processo di scambio ionico.
- Processo dello ioduro di potassio.

Le emissioni associate con i processi elencati sono legate al mercurio residuo che sarà presente nell'acido prodotto, che è normalmente < 0.1ppm (mg/l), equivalente a circa 0.02 mg/Nm^3 nel gas pulito.

Trattamento degli effluenti e riutilizzo dell'acqua

Acque provenienti dai sistemi di abbattimento dei gas
Si tratta degli effluenti generati dai sistemi di abbattimento ad umido (es. scrubbers o precipitatori elettrostatici a umido). Se non c'è arricchimento di componenti solubili, è sufficiente la rimozione dei solidi sospesi con un decantatore. In alcuni casi è necessaria anche la precipitazione delle componenti solubili. Per rimuovere composti metallici pericolosi o di interesse si usano altri trattamenti quali lo scambio ionico. Il liquido trattato viene infine reinoltrato al sistema di abbattimento, ma è necessario uno spurgo per controllare la composizione della soluzione. Risulta che in molti casi l'acqua di processo del sistema di scrubbing a umido di un forno di fusione contiene cianuri formati dalla reazione del carbonio con l'azoto atmosferico. Il livello di cianuro può essere ridotto usando l'acqua di scrubbing per la granulazione della scoria, che porta all'evaporazione e ossidazione della maggior parte dei cianuri.
Un altro flusso di effluenti proviene dalla rimozione del mercurio da alcuni gas di uscita di un impianto di arrostimento. Tali effluenti vengono pretrattati localmente per la rimozione del mercurio per reazione con polvere di zinco o per precipitazione come HgSm prima di essere inviati all'impianto di trattamento finale.
Granulazione della scoria e del metallo
L'effluente è di solito riciclato in un circuito chiuso. Per impedire la formazione di solidi e composti metallici in sospensione, deve essere effettuato uno spurgo continuo. L'effluente di spurgo può essere inviato all'impianto centrale di trattamento delle acque reflue o trattato separatamente (decantazione e precipitazione, se necessario).
Raffreddamento
Il raffreddamento senza contatto è usato per raffreddare forni, cappe dei forni, macchine per il getto, etc. Può essere ottenuto mediante un sistema diretto o con ricircolo con torri di raffreddamento per evaporazione. Per la minimizzazione dei consumi sono preferibili sistemi a circuito chiuso dotati di sistema di monitoraggio per individuare eventuali perdite. Qualora siano disponibili grandi quantità d'acqua (es. siti costieri) può essere usato un sistema di raffreddamento passante, anche se devono essere valutati i possibili effetti sull'ambiente (aumento della temperatura). L'uso di questa tecnica deve essere valutato caso per caso, anche sulla base dei costi dell'energia necessaria ai sistemi di pompaggio e raffreddamento.
Il raffreddamento a contatto diretto è usato durante alcune operazioni di getto e nella produzione di elettrodi di carbonio. Quest'acqua è di solito in grandi quantità e

contaminata con metalli e solidi sospesi, e dovrebbe essere in genere trattata (decantazione e precipitazione, se necessario) separatamente dalle altre acque reflue, al fine di evitare effetti di diluizione.

Dilavamento superficiale

L'acqua meteorica raccolta dai tetti e dalle aree pavimentate del sito è contaminata se dilava materiali o superfici contenenti polvere o oli; la contaminazione può essere evitata o minimizzata usando le tecniche di buona pratica già elencate per lo stoccaggio del materiale grezzo e con una buona manutenzione e pulizia dell'intero impianto. L'acqua di dilavamento superficiale può venire raccolta separatamente e, dopo uno stadio di sedimentazione o di trattamento chimico, può essere riutilizzata per altri scopi nel processo di produzione, es. come acqua di raffreddamento o come spray per prevenire la formazione di polvere.

Processi idro-metallurgici

Dalla pulitura ad umido dei gas di arrostimento si ottengono acque da sottoporre a trattamento consistente in vari stadi di precipitazione, a volte con rimozione dei metalli pesanti mediante scambiatori ionici.

Gli effluenti ottenuti dalla lisciviazione vengono in genere riciclati allo stesso processo.

Le acque di purificazione vengono riciclate alla lisciviazione o al successivo stadio del processo.

Nel processo di elettrolisi, gli effluenti provengono dalle operazioni di pulizia delle celle, degli anodi e dei catodi, dall'elettrolita esaurito e dallo spurgo dell'elettrolita. Vengono riciclati per la lisciviazione o di nuovo all'elettrolisi dopo trattamento per la rimozione dei contaminanti (decantazione, neutralizzazione, precipitazione, elettro-estrazione della soluzione elettrolita).

Altre acque di processo

Fonti: processo Bayer per la produzione di allumina; processamento delle batterie piombo-acido; produzione di metalli preziosi; acido solforico debole dagli impianti per la produzione di acido solforico; operazioni di decapaggio. Gli effluenti vengono riciclati al processo, per quanto possibile, dopo trattamenti di neutralizzazione, precipitazione, decantazione, elettrolisi.

Il decapaggio non acido opera in un circuito isolato e impiega una soluzione (2.5%-3.5%) di alcol isopropilico in acqua. Dalle soluzioni esaurite viene recuperato e riutilizzato l'alcol isopropilico e recuperati i fanghi contenenti metallo; l'acqua viene poi inviata al trattamento.

Il decapaggio acido viene effettuato con acido solforico diluito (acido nitrico per alcune leghe); l'acido residuo viene poi eliminato dalla superficie del metallo in vari stadi successivi mediante spray d'acqua seguiti da asciugatura con aria compressa. L'acido di decapaggio viene cambiato periodicamente, e quello esaurito viene inviato al trattamento e al recupero del metallo, per il quale può essere usato un processo di elettro-raffinazione. L'acqua di lavaggio viene inviata al trattamento (scambio ionico); i fanghi vengono riciclati se possibile.

Per lo sgrassaggio di prodotti laminati, vengono usati detergenti contenenti acqua. Quest'ultima viene pulita per ultra-filtrazione. Il fango derivante dal trattamento delle acque usate per lo sgrassaggio a vapore con solventi organici può contenere idrocarburi clorurati.

Altre sorgenti

Effluenti dalle stazioni di lavaggio degli autoveicoli di trasporto, acqua di tenuta delle pompe, acque di lavaggio di dispositivi, pavimenti etc. Queste acque vengono raccolte e

trattate. Le acque sanitarie vengono normalmente eliminate nel sistema fognario pubblico.

La migliore tecnica in relazione al trattamento e riutilizzo dell'acqua può essere scelta unicamente su base locale tenendo conto di fattori sito-specifici, tra i quali i più importanti sono i seguenti.

- Il processo in cui sono state generate le acque reflue;
- La quantità d'acqua;
- Il tipo di inquinanti e la loro concentrazione
- Il livello di pulitura necessario (in base agli standard di qualità delle acque regionali e locali)
- La disponibilità di risorse idriche.

Riciclo e riutilizzo

Le tecniche di riciclo e il riutilizzo sono possibili per molti processi e comportano anche un vantaggio economico perché riducono la quantità di acqua che deve essere attinta dall'esterno. Normalmente un sistema di riciclo richiede un trattamento di base o uno spurgo di circa il 10% del liquido circolante, allo scopo di prevenire la formazione di solidi, metalli e sali in sospensione.

Tecniche di trattamento

Spesso vengono usate in combinazione in un impianto installato presso il sito, ma in alcuni casi si può provvedere a recuperare i metalli prima che il flusso dal processo venga mescolato con altri effluenti, per non diluirne il contenuto.

Precipitazione chimica

È usata per rimuovere gli ioni metallici mediante aggiustamento del pH e aggiunta di un reagente che forma composti insolubili con i metalli presenti, che a loro volta vengono poi rimossi per filtraggio o sedimentazione.

La precipitazione dei solfuri permette, a certe condizioni di temperatura e pH, di ottenere, nell'effluente pulito, concentrazioni molto minori per alcuni metalli. Per massimizzare l'efficienza di rimozione del metallo, il processo deve essere effettuato a diversi valori di pH e con diversi reagenti. A volte può essere necessaria una riduzione preliminare per ottenere un composto meno solubile. Altro aspetto da tenere presente è la possibile formazione di ioni complessi, che in genere sono più solubili.

L'efficienza della precipitazione chimica è influenzata principalmente dai seguenti fattori.

- Scelta del precipitante chimico;
- Quantità del precipitante aggiunto;
- Efficienza con cui il metallo precipitato viene rimosso dalla soluzione;
- Mantenimento del corretto pH (e temperatura) durante l'intero processo di trattamento;
- Uso di sali di ferro per rimuovere metalli specifici;
- Uso di reagenti flocculanti e coagulanti per migliorare le condizioni del materiale precipitato.

Vantaggi:	**Svantaggi**
Tecnica semplice ed economica. Lunga storia di utilizzo efficace.	Gli effluenti acidi possono essere difficili da trattare.

Non richiede grandi spese in un nuovo impianto. È in grado di trattare un gran numero di contaminanti metallici, in particolare se viene usata una precipitazione in due stadi con idrossidi e solfuri come reagenti. Alle corrette condizioni fornisce un'eccellente rimozione dei metalli. Sono commercialmente disponibili precipitanti specifici. Consente la co-precipitazione per assorbimento. I precipitati possono spesso essere riciclati all'alimentazione del processo.	Non è selettiva: produce un fango ad alto contenuto d'acqua contenente un insieme di metalli tossici e non. Il fango può dover essere inviato a discarica, con costi a volte elevati. La presenza di altri sali, agenti complessati organici e solventi può comprometterne severamente l'efficienza. Non può essere sempre usata per trattare basse concentrazioni di metalli. Alcuni idrossidi vengono precipitati in maniera poco efficiente.

Sedimentazione

È una tecnica di separazione solido/liquido che sfrutta la gravità. Può aver luogo in diversi recipienti di decantazione, quali bacini o lagune di sedimentazione, o specifici serbatoi di sedimentazione (decantatori, chiarificatori) dotati di un dispositivo di rimozione dei fanghi sul fondo. Questi ultimi possono essere liberati dall'acqua usando ad es. una filtro pressa. Il filtrato che viene generato può essere inviato di nuovo all'inizio del processo di trattamento o allo stadio di processo in cui è stato generato.

Vantaggi	Svantaggi
Tecnica semplice ed economica. Lunga storia di utilizzo efficace	Può rimuovere solo particelle solide. Per particelle con piccola differenza di densità rispetto all'acqua la sedimentazione richiede tempi lunghi e sono necessari ampi bacini.

Flottazione

Usata per separare grandi flocculi o particelle galleggianti (es. parti in plastica) portandole alla superficie della sospensione. Una tecnica comune è quella in cui l'aria viene dissolta sotto pressione nel mezzo di sospensione ed esce dal liquido, quando la pressione viene abbassata, sotto forma di minuscole bolle d'aria attaccate alle particelle sospese. Ciò fa sì che le particelle galleggino e vengano facilmente raccolte ed eliminate.

Vantaggi	Svantaggi
Tecnica semplice ed economica. Lunga storia di utilizzo efficace.	Rimuove solo complessi di particelle solide che possono galleggiare. L'aria deve essere dissolta sotto pressione per essere dispersa nell'acqua.

Filtrazione

Usata per la separazione solido/liquido e come processo di chiarificazione finale. L'unità di filtrazione (un letto di materiali attraverso cui viene fatto fluire l'effluente) è di solito posta tra lo stadio di sedimentazione e il controllo finale, allo scopo di rimuovere i solidi in sospensione rimasti. Le particelle fini che non passano attraverso il filtro formano un ammasso che deve essere rimosso con continuità o periodicamente, allo scopo di mantenere bassa la perdita di pressione.

La purificazione dell'acqua avviene per la combinazione degli effetti di filtrazione, assorbimento chimico e assimilazione. I filtri a sabbia vengono spesso usati per pulire lo spurgo di un ciclo chiuso e per consentire di usare un effluente come acqua di processo.

Per particelle molto fini vengono usate le tecniche di iper-filtrazione, osmosi inversa e ultra-filtrazione.

Vantaggi	Svantaggi
Tecnica semplice ed economica. Lunga storia di utilizzo efficace. E meglio utilizzata per materiale particolato noto.	Può rimuovere solo particelle solide. L'efficienza diminuisce se le particelle sono molto piccole e all'aumentare della velocità.

Ultrafiltrazione

È un metodo semplice ed efficace ma richiede molta energia. L'effluente è posto a contatto con una membrana porosa che permette il passaggio di particelle molecolari come l'acqua (massa molecolare tra 500 e 100000), e blocca particelle molecolari più grandi. I processi di filtrazione con membrane producono un permeato pulito e un concentrato che può richiedere un ulteriore trattamento.

Vantaggi	Svantaggi
Tecnica semplice Rimuove particelle molto fini, anche molecole. Membrane molto fini possono filtrare anche soluti piccoli come i metalli. Emissioni di particolato virtualmente nulle.	La velocità di filtrazione e di flusso sono limitate. Le membrane si possono decomporre facilmente in effluenti corrosivi. Non c'è separazione tra metalli. Membrane vecchie possono avere perdite. Le membrane possono facilmente ostruirsi.

Elettrolisi

E' usata per rimuovere metalli. Per migliorare l'efficienza possono essere usati elettrodi speciali (es. a letto fluido o tridimensionali). La massima efficienza della cella viene ottenuta quando la densità di corrente cambia con la concentrazione del soluto e il trasferimento di massa ha luogo vicino alla densità di corrente limite. La differenza di posizione relativa degli elementi nella serie elettrochimica può essere sfruttata per recuperare i metalli più nobili, controllando la corrente e il voltaggio. Un uso alternativo, molto efficace, è l'ossidazione dei metalli presenti nell'effluente, allo scopo di riutilizzarli.

Vantaggi	Svantaggi
Può essere usata per recuperare e riciclare metalli Può essere usata per trattare effluenti ad elevata concentrazione di metalli (ca. 2 g/l) in una singola fase È la tecnologia più disponibile. È stata sperimentata e testata nell'industria di elettro-placcatura. Può essere usata per pulire contemporaneamente contaminanti organici. Può essere usata con modalità a flusso discontinuo o continuo.	È difficile ottenere una pulizia di livello migliore delle ppm. Celle inefficienti sono dispendiose da mantenere e utilizzare. Potenziali elettrici elevati sono un rischio per la sicurezza. Non è selettiva. Ha bisogno di un monitoraggio costante. Poco efficace nel trattare effluenti in volumi elevati e con composizione variabile.

Elettrodialisi

È un altro metodo di trattamento elettrochimico. La cella consiste di due elettrodi separati da una membrana di scambio ionico. I cationi migrano attraverso al membrana

dove sono scambiati con cationi meno tossici. Questo metodo combina i vantaggi dello scambio ionico con quelli del trattamento elettrochimico.

Vantaggi	**Svantaggi**
Può essere usata per recuperare e riciclare i metalli.	Gli stessi dei metodi di scambio ionico.
Può essere selettiva.	Necessita di costante monitoraggio.
È già impiegata nelle industrie di desalinizzazione e di elettro-placcatura.	Poco efficace nel trattare effluenti in volumi elevati e con composizione variabile.
È in grado di raggiungere livelli di pulitura sotto la ppm.	

Osmosi inversa

È molto usata per la rimozione di metalli in soluzione, in particolare nell'industria della placcatura elettrolitica. Una differenza di pressione viene applicata tra i due compartimenti separati da una membrana e fa sì che l'acqua fluisca dalla soluzione più concentrata a quella meno.

Vantaggi	**Svantaggi**
Emissioni virtualmente nulle.	Velocità di filtraggio e di flusso limitate.
La tecnologia esiste e i dispositivi sono commercialmente disponibili.	Le membrane si possono decomporre velocemente in effluenti corrosivi.
Può essere impiegata per riciclare i metalli.	Non si ottiene la separazione tra metalli.
Può essere usata con modalità a flusso discontinuo o continuo.	Membrane vecchie possono perdere.
Può tartare grandi intervalli di concentrazioni di metalli.	Le membrane possono venire facilmente ostruite.
Può essere usata per rimuovere composti organici.	Le membrane necessitano di frequente monitoraggio e sostituzione.
L'efficacia non è fortemente dipendente dalla concentrazione di contaminanti non corrosivi.	L'attrezzatura è specialistica e costosa.
	Fa uso di pressioni elevate.
	Restrizione a velocità di flusso minime di ca. 200 l/min.

Scambio ionico

È talvolta utilizzato come fase di pulitura finale nella rimozione di metalli pesanti; è di solito usato se la concentrazione di metallo è sotto i 500 mg/l. Gli ioni metallici indesiderati vengono rimossi trasferendoli su una matrice solida che cede un pari numero di ioni conservati nella struttura dello scambiatore. Lo scambiatore ha una capacità limitata, funzione della quantità di ioni contenuti nella struttura, e deve quindi essere rigenerato periodicamente.

Alcuni scambiatori sono in grado di rimuovere metalli specifici (scambio selettivo) e sono molto efficienti nella rimozione di metalli tossici, rendendo possibile un livello molto elevato di pulitura; operano in maniera efficiente con effluenti dal contenuto misto.

Vantaggi	**Svantaggi**
Relativamente poco costoso.	Non può gestire grandi concentrazioni di metallo.
Sono disponibili prodotti commerciali.	La matrice viene facilmente ostruita da solidi e da alcuni composti organici.
Sperimentato e testato in applicazioni industriali.	Lo scambio ionico tradizionale non è selettivo.
Capacità di pulitura fino al livello di ppb (scambio ionico selettivo fino al livello di ppt).	Lo scambiatore esausto deve essere di solito smaltito come rifiuto tossico.
Può essere facilmente usato in combinazione con altre tecniche (es.precipitazione) come parte di un	Le matrici si possono decomporre col tempo.

trattamento integrato delle acque reflue. Può essere selettivo per i metalli pesanti. Può essere applicato a molti tipi di flusso: intermittente, continuo, con volumi abbastanza abbondanti. Lo scambio ionico selettivo è stato usato in casi isolati, es. nell'industria nucleare.	Le prestazioni sono sensibili al pH dell'effluente. Grandi volumi di effluenti richiedono colonne di scambio ionico molto grandi. Lo scambio ionico selettivo non ha attualmente un uso industriale estensivo. La rigenerazione di colonne di scambio ionico selettivo esauste richiede molto tempo. Possono essere necessari tempi lunghi di contatto con l'effluente.

Carbone attivo

È usato per rimuovere materia organica ma anche mercurio e metalli preziosi. I filtri sono in forma di letti o cartucce che lavorano in multipli cosicché l'uscita di un filtro viene lavorata dal successivo. Il filtro esausto è poi riposizionato e diventa il filtro di livello successivo.

Vantaggi	Svantaggi
Può essere usato in un vasto campo di applicazioni (es. per rimozione di mercurio o diossina). Può essere aggiunto dopo coagulazione e sedimentazione come strato in filtri a sabbia. La tecnologia esiste e i dispositivi sono commercialmente disponibili.	È costosa Può diventare terreno di coltura per microrganismi Il processo di riscaldamento con cui viene prodotto il carbonio dal carbone comporta forti emissioni di SO_2.

Emissioni associate

La composizione degli effluenti liquidi dipende fortemente dal metallo prodotto, dal processo di produzione e dal tipo materiale grezzo. La tabella seguente fornisce alcuni esempi dell'efficienza di trattamento per differenti flussi di acque reflue.

Per altri dati riguardo il consumo d'acqua, la quantità e composizione degli effluenti liquidi e i valori di emissione raggiungibili, si vedano i capitoli relativi alle singole produzioni.

Esempio del contenuto di metalli in acque reflue prima e dopo il trattamento, per un complesso di fusione-raffinazione del rame						
Sorgente	Componente principale (mg/l)					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Acqua di processo (100mila m^3/anno) Prima del trattamento Dopo il trattamento	2000 0.01-0.2	500 0.001-0.04	10000 0.001-0.1	1000 0.004-0.15	500 0.0001-0.1	1000 0.01-0.2
Acqua di precipitazione Prima del trattamento Dopo il trattamento	15-30 0.01-0.4	<5 0.005-0.2	<2 0.003-0.007	<2 0.002-0.4	<0.5 0.0002-0.1	<2 0.03-0.4
Acqua di raffreddamento diretto (16 milioni m^3/a) Prima del trattamento Dopo il trattamento	<3 0.01-0.25	<0.5 0.001-0.1	<0.1 0.001-0.1	<0.1 0.002-0.6	<0.05 0.0001-0.003	<0.5 0.02-0.5
Emis. specifica di inquinante (g/t di Cu prodotto)	2.3	0.3	0.23	0.1	0.05	0.8

Minimizzazione e recupero dei residui di produzione

Molti residui sono considerati rifiuti dalla legislazione europea corrente, ma l'industria dei metalli non ferrosi riutilizza molti di questi materiali come materia prima grezza per altri processi, e l'interconnessione tra diversi operatori metallurgici favorisce, ormai da anni, il recupero dei metalli, riducendo così la quantità di rifiuti da inviare a discarica. Nella tabella sono riportati i principali residui connessi alla produzione di metalli non ferrosi e i possibili impieghi.

Sorgente dei residui	**Metalli associati**	**Prodotto o residuo intermedio**	**Opzioni di riciclaggio e riutilizzo**
Movimentazione dei materiali grezzi	Tutti i metalli	Polvere, spazzatura	Alimentazione del processo principale
Forni di fusione	Tutti i metalli	Scorie	Ritorno alla fusione Materiale da costruzione dopo trattamento Industria degli abrasivi Parti delle scorie possono essere usate come materiale refrattario
	Leghe di ferro	Scorie arricchite	Materiale grezzo per altri processi per leghe di ferro
Convertitori	Cu	Scorie	Riciclaggio allo smelter
Forni di raffinazione	Cu	Scorie	Riciclaggio allo smelter
	Pb	Schiumature	Recupero di altri metalli utili
	Metalli preziosi	Schiumature e scorie	Riciclaggio interno
Trattamento delle scorie	Cu	Scorie pulite	Materiale da costruzione
		Matta	Recupero di metallo
Forni di fusione	Tutti i metalli Al secondario	Schiumature	Ritorno al processo dopo trattamento
		Scorie	Recupero del metallo
		Scorie saline	Recupero del metallo, del sale e dell'ossido
Elettro-raffinazione	Cu	Soluzione elettrolita	Recupero di Ni
		Residui di anodo	Ritorno al convertitore
		Slime di anodo	Recupero di metalli preziosi
Elettro-estrazione	Zn, Metalli preziosi	Elettrolita usato	Riutilizzo nel processo di lisciviazione
Elettrolisi sali fusi	Al	SPL	Combustibile o smaltimento
	Na e Li	Bagno in eccesso	Riutilizzo come elettrolita in sito
		Stanghe di anodo	Recupero

		Materiale di cella	Rottami di ferro dopo pulitura
Distillazione	Hg	Residui	Riutilizzo come alimentazione del processo
	Zn, Cd	Residui	Ritorno all'ISF
Lisciviazione	Zn	Residui di ferrite	Smaltimento, riutilizzo della soluzione
	Cu	residui	Smaltimento
Impianto di produzione di acido solforico		Catalizzatore	Rigenerazione
		Fanghi acidi	Smaltimento
		Acido debole	Lisciviazione, decomposizione, neutralizzazione
Rivestimenti di forno	Tutti i metalli	Refrattario	Uso come agente slagging, smaltimento
Macinatura, Frantumazione	Carbonio	Polveri di carbonio e grafite	Uso come materiale grezzo in altri processi
Decapaggio	Cu	Acido usato	Recupero
Sistemi di abbattimento a secco	Maggioranza, se impiegano Filtri a manica o precipitatori elettrostatici	Polvere di filtro	Ritorno al processo Recupero di altri metalli
Sistemi di abbattimento a umido	Maggioranza, scrubber o precipitatori elettrostatici a umido	Fanghi di filtro	Ritorno al processo Recupero di altri metalli
Fanghi di trattamento delle acque reflue	Maggioranza	Fanghi di idrossidi o solfuri	Smaltimento, riutilizzo Riutilizzo
Digestione	Allumina	Fango rosso	Smaltimento, riutilizzo della soluzione
Oltre alle operazioni di utilizzo descritte nella tabella, sono possibili tutte le forme di recupero consentite in funzione di particolari leggi locali e nazionali.			

Le migliori tecniche disponibili sono riassumibili come segue.

Minimizzazione dei residui dai processi metallurgici

- Uso di materiale "pulito", in quanto la quantità di scoria e schiumatura prodotta durante la fusione è funzione principalmente dalle impurità presenti nel materiale grezzo. In alcuni casi ciò può essere assicurato effettuando una pre-selezione del materiale grezzo. Ottimizzazione dell'attività del forno, anche mediante l'impiego di moderne tecniche di controllo del processo.
- Per evitare l'ossidazione della superficie di bagno della massa fusa si può operare con forni chiusi.

Una diminuzione della quantità di rivestimenti e materiale refrattario esausto può essere ottenuta con le seguenti misure.

- Attenta costruzione del rivestimento in mattoni del forno; uso continuativo del forno e quindi minimizzazione delle variazioni di temperatura; breve tempo di impatto degli agenti fondenti; non utilizzo di agenti fondenti aggressivi; attenta pulizia dei forni e dei crogioli; riduzione del movimento del forno (rotazione).
- A certe condizioni, che sono funzione della composizione dei rivestimenti e dei refrattari, è possibile il riutilizzo (es. dopo macinatura come massa per getti o di chiusura del forno). In alternativa, il contenuto di metallo può essere separato mediante fresatura e macinatura, e il materiale restante può essere usato come materiale da costruzione, mentre il metallo può essere reintrodotto allo smelter.

Minimizzazione dei residui dai sistemi di abbattimento

- Il volume dei gas di processo da sottoporre a trattamento dipende largamente dal tipo di forno (es sigillato o meno). Le polveri cariche di metallo possono di solito essere reintrodotte allo smelter (spesso dopo un processo di agglomerazione o pretrattamento) o vendute ad altri impianti di produzione.
- L'essiccamento del materiale in ingresso allo smelter può portare a rilasci di SO_2, soprattutto nel caso di materiale sulfureo (l'altra fonte di SO_2 è il combustibile); il gesso prodotto nello scrubber di SO_2 può a volte essere riciclato come parte del flussante in ingresso al forno, in base al processo utilizzato.
- La quantità di maniche di filtro utilizzate può venire ridotta usando moderni materiali da filtro, che sono più resistenti. Un cambio dei filtri è in genere necessario solo quando il 10-20% dei compartimenti è fuori uso. La scelta di sostituire le maniche di filtro con tessuti moderni e affidabili dipende anche da considerazioni di tipo economico, anche se il minor numero di rotture dei tipi moderni può compensare i costi.

Riduzione dei residui generati dal trattamento degli effluenti

- Per evitare il rilascio di acqua calda nell'ambiente, vengono usati diversi sistemi di raffreddamento, a circuito chiuso, semi-chiuso o a ciclo aperto (torri di raffreddamento). Usando un ciclo di raffreddamento a circuito chiuso il rilascio di acqua è minimizzato. La scelta del sistema di raffreddamento dipende comunque da vari fattori sito-specifici.
- La quantità di acque di rifiuto generata da uno scrubber a umido può essere ridotta se l'acqua trattata viene riciclata allo scrubber. Per evitare un aumento del contenuto di sali nel ciclo dell'acqua di lavaggio, una piccola quantità d'acqua deve essere eliminata continuamente dal sistema e rimpiazzata con acqua pulita.

Riduzione di altri residui

L'olio usato come lubrificante negli impianti può causare fenomeni di cattura del metallo e reazioni chimiche. La manutenzione regolare, le riparazioni e la manutenzione preventiva possono minimizzare le perdite e aumentare gli intervalli tra i cambi d'olio. Altro metodo per ridurre l'impiego di olio è il filtraggio, che ne prolunga la durata fino a 10 volte. I filtri utilizzati possono essere frantumati e il metallo riutilizzato nello smelter, l'olio centrifugato e inviato ad una raffineria di oli usati.

Recupero energetico

Le seguenti tecniche possono venire incorporate in molti processi esistenti:

- I gas caldi prodotti durante la fusione o l'arrostimento di minerali sulfurei vengono quasi sempre passati attraverso caldaie per produrre vapore, che può essere usato per produrre elettricità o per riscaldamento, o come vapore di processo nell'essiccatore di concentrato, mentre il calore residuo è usato per pre-riscaldare l'aria di combustione.
- Altri processi piro-metallurgici sono fortemente esotermici, particolarmente quando si usa ossigeno per arricchire l'aria di combustione. Molti processi impiegano il calore in eccesso per fondere materiale secondario senza l'uso di combustibile aggiuntivo.
- L'uso di aria arricchita di ossigeno o ossigeno nei combustori riduce il consumo energetico consentendo la fusione autogena o la completa combustione del materiale carbonioso.
- Il materiale di rivestimento del forno può influenzare il bilancio energetico dell'operazione di fusione. É documentato che refrattari "*low mass*" hanno un effetto positivo nel ridurre la conducibilità e l'immagazzinamento termico. Tale fattore deve essere bilanciato con la durata del rivestimento e l'infiltrazione di metallo nel refrattario, e non può essere usato in tutti i casi.
- L'essiccamento a basse temperature dei concentrati riduce le necessità energetiche, in quanto in caso contrario è necessaria maggiore energia per surriscaldare il vapore nello smelter e si ha un significativo aumento del volume di gas che costringe ad aumentare la dimensione delle ventole.
- Il calore generato durante la produzione di acido solforico dall'SO_2 (processo esotermico) può essere usato per produrre vapore o acqua calda.
- I gas caldi degli stadi di fusione possono essere usati per pre-riscaldare la carica del forno. Il gas combustibile e l'aria di combustione possono venire pre-riscaldati, oppure può essere usato un bruciatore a recupero nel forno. Il vantaggio di pre-riscaldare l'aria di combustione sta nel conseguente aumento della temperatura della fiamma che ha come risultato una più alta efficienza di fusione ed una riduzione dei consumi energetici. La pratica mostra risparmi energetici del 25% per un pre-riscaldamento di 400°C e del 30% per 500°C.
- Il raffreddamento precedente un filtro a manica è una tecnica importante perché fornisce protezione dal calore per il filtro e permette una più ampia scelta di tessuti. A volte è possibile recuperare calore a questo stadio.
- Il monossido di carbonio prodotto in un forno elettrico o in un altoforno viene raccolto e bruciato come carburante per vari processi o per produrre vapore o altra energia.
- Il riciclo di gas di scarico contaminati attraverso un bruciatore "*oxy-fuel*" comporta significativi risparmi di energia. Il bruciatore recupera il calore del gas, ne usa il contenuto energetico dei contaminanti e li rimuove. Questo processo riduce anche gli ossidi di azoto.
- L'uso del calore dei gas o del vapore di processo per aumentare la temperatura della soluzione di lisciviazione è praticato frequentemente. In alcuni casi una parte del flusso di gas può essere deviata ad uno scrubber per recuperare calore nell'acqua,

che è poi usata per la lisciviazione. Il gas raffreddato viene poi riconvogliato al flusso principale per un ulteriore abbattimento.
- Durante la fusione di rottami elettronici o di batterie in vessels metallurgici, il contenuto di calore del contenitore plastico è usato per fondere il metallo e altre componenti aggiuntive costituenti i rottami o le scorie.

Rumore e vibrazioni

Le sorgenti principali sono riassumibili come segue.
- Trasporto e gestione dei materiali grezzi e dei prodotti.
- Processi di piro-metallurgia, operazioni di macinatura e frantumazione.
- Uso di pompe e ventole; ventilazione del vapore.
- Sistemi di allarme non presenziati.

I nuovi impianti possono essere progettati a bassi livelli di rumore e vibrazioni; una buona manutenzione può impedire lo sbilanciamento dei dispositivi. Le interconnessioni tra dispositivi possono essere progettate in modo da impedire o minimizzare la trasmissione di rumore.
Le principali tecniche di abbattimento sono riassunte nell'elenco che segue.
- Impiego di pannelli per schermare la sorgente di rumore.
- Chiusura dell'impianto o delle componenti rumorose in strutture fonoassorbenti.
- Uso di supporti ed interconnessioni antivibrazione per i dispositivi.
- Orientazione dei macchinari emettenti rumore.
- Cambio della frequenza del suono.

I primi interventi che si possono effettuare sono quelli sulla sorgente sonora; questo tipo di interventi sono da privilegiare rispetto a quelli realizzati in prossimità dei ricettori in quanto sia acusticamente più efficaci, sia più accettati dai ricettori stessi. La loro efficienza, tuttavia, è tanto maggiore quanto più la loro attuazione è prevista già nella progettazione dei macchinari e nella pianificazione dei processi.

La bonifica acustica di macchine, attrezzature, impianti, processi di lavorazione (cioè dei punti di generazione) assai spesso è il risultato dell'applicazione di procedure e criteri molto approssimativi, derivanti da una insufficiente conoscenza delle tecnologie disponibili e/o da luoghi comuni, esperienze parziali. Modifiche successive possono essere difficilmente realizzabili, anche perché alterano la funzionalità della macchina e/o del processo e sono costose ed acusticamente meno efficaci; inoltre è difficile trovare una strategia comune per impianti che, pur effettuando lo stesso tipo di produzione, hanno una distribuzione spaziale (lay-out) di processi e conseguenti sorgenti molto diverse tra loro.

È quindi necessario, talvolta, cercare di intervenire sulle vie di trasmissione e propagazione e sui ricettori del rumore, soprattutto nel caso di impianti esistenti.

A questo proposito sono riportati, nella tabella seguente, una serie di interventi, mutuati dal decreto del Ministero dell'Ambiente del 29-11-2000 ("Criteri per la predisposizione,

da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”) che, se pur riguardanti il contenimento e l’abbattimento delle immissioni rumorose derivanti dai sistemi pubblici di trasporto e relative infrastrutture, sono pienamente applicabili anche in ambito industriale poiché si focalizzano sulla propagazione e la ricezione dell’immissione, prescindendo dalla sorgente sonora.

Tipo di intervento	**Campo di impiego**	**Efficacia**
Barriere antirumore artificiali (metalliche, in legno, calcestruzzo, argilla espansa, trasparenti, biomuri)	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità dell’impianto	14 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 7 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;
Barriere antirumore artificiali integrate con elemento antidiffrattivo superiore	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità dell’impianto; con elevata densità di ricettori nella zona d'ombra	15 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 7,5 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;
Barriere antirumore formate da muro cellulare (alveolare) rinverdito in calce-struzzo o legno	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità dell’impianto	19 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 10 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;
Barriere vegetali anti-rumore	Impiego per situazioni non particolarmente critiche con ampie fasce di territorio non edificato tra i ricettori e la sede dell’impianto	1 dB ogni 3 m di spessore della fascia piantumata
Barriere di sicurezza tradizionali	Applicazioni congiunte di sicurezza ed acustiche	2 dB
Barriere di sicurezza di tipo ecotecnico	Applicazioni congiunte di sicurezza ed acustiche	3 dB
Rilevato antirumore	Richiede una fascia di territorio non edificato tra i ricettori e l’impianto, pari ad almeno 2,1 volte l'altezza del rilevato. Intervento integrabile con barriere vegetali	13 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 6 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;
Copertura a cielo aperto, con grigliato di pannelli acustici (baffles)	Aree densamente popolate; edifici alti rispetto all’impianto	10 dB per i ricettori posti al di sopra della copertura; 16 dB per i ricettori

		posti nella zona d'ombra al di sotto della copertura
Copertura totale	Aree molto popolate con edifici alti rispetto all'impianto e livello di rumore elevato	superiore a 25 dB
Finestre antirumore autoventilanti	Situazioni particolarmente gravose non completamente risanabili con interventi passivi sull'impianto; si adottano anche insieme ad altri tipi di interventi	34 dB
Rivestimenti fonoas-sorbenti delle facciate degli edifici	Contesti densamente urbanizzati per migliorare il clima acustico di zona	3 dB
Nota: la zona d'ombra di una barriera acustica è la parte di territorio schermata dalla barriera e delimitata dal piano dell'infrastruttura e dal piano passante per la mezzeria della corsia o binario di corsa più lontani dalla barriera e per la sommità della barriera stessa. La zona d'ombra si divide in due parti: 1. zona A o di massima protezione, compresa fra il piano in cui si trova l'infrastruttura ed il piano ad essa parallelo passante per la sommità della barriera; 2. zona B compresa fra il piano parallelo all'infrastruttura e passante per la sommità della barriera ed il piano passante per la mezzeria della corsia o binario di corsa più lontani dalla barriera e per la sommità della barriera stessa. Il territorio posto al di fuori delle zone A e B non è protetto dalla barriera acustica.		

Per quanto riguarda la valutazione dell'indice di priorità degli interventi di risanamento, i criteri di progettazione degli interventi di risanamento e i metodi per individuare le percentuali di risanamento nel caso di sorgenti sonore che immettono rumore in un punto, si rimanda agli allegati 1, 3, 4 del DM Ambiente del 29/11/2000.

Gli aspetti relativi alle vibrazioni dovranno invece essere valutati caso per caso, in relazione alle specifiche realtà industriali ed al contesto territoriale, e non è possibile al momento fornire indicazioni di carattere generale diverse dall'esigenza di un loro contenimento in termini di sorgenti e di effetti, basato sulle tecniche di buona pratica progettuale.

Odore

Le sorgenti principali sono rappresentate da: vapori metallici, oli e solventi organici, solfuri da raffreddamento di scorie e trattamento delle acque reflue, reagenti chimici, processi di trattamento degli effluenti, acidi grassi.
Le tecniche di abbattimento già descritte per gli aeriformi sono efficaci anche a minimizzare gli odori.
L'uso di biofiltri si è dimostrato efficace.
Gerarchia dei principi di controllo degli odori:

- evitare o minimizzare l'uso di sostanze maleodoranti;
- contenere ed estrarre le sostanze odorose prima che esse vengano disperse o diluite;
- trattamento, se possibile, mediante combustione o filtraggio.

Attività di smantellamento

Sono le misure da adottare in funzione della futura definitiva cessazione delle attività, per evitare ogni rischio di inquinamento e ricondurre il sito a condizioni soddisfacenti.
L'approccio integrato prevede che vengano adottate almeno le seguenti misure:

- Minimizzare la quantità di suolo che deve essere scavata o riposizionata; trattare con attenzione il suolo scavato per evitare cambiamenti pericolosi delle sue proprietà;
- Minimizzare l'immissione di sostanze nel suolo durante l'attività dell'impianto;
- Valutare la contaminazione storica per tenere conto delle condizioni antecedenti l'impianto, al fine di assicurare una chiusura "pulita" al momento della dismissione dell'impianto stesso.

PRODUZIONE DI PIOMBO, ZINCO, CADMIO, MERCURIO

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Lo Zn, per diffusione nell'utilizzo, è il terzo dei metalli non ferrosi dopo Al e Cu. Fra le principali applicazioni del metallo si ricorda la produzione di leghe, fra le quali la Zama e l'ottone, la galvanizzazione, la produzione di anodi sacrificali e le applicazioni nel settore farmaceutico, dell'alimentazione, delle costruzioni, della produzione di pile e nell'industria chimica. Altre produzioni a base Zn sono quelle di polveri di Zn a vari gradi di purezza e di composti chimici e di ossidi di Zn.

Lo Zn è prodotto in vari gradi di purezza commerciale, fra i quali ricordiamo qui solo lo Zn SHG e quello GOB.
Lo Zn SHG è un metallo di Zn iperpuro (a titolo 99.995%), contenente un ammontare massimo di impurezze pari a 50 g/ton, possibili con combinazione di tenori massimi dei seguenti elementi normati: Sn 0.001%, Cd 0.002%, Pb 0.003%, Fe 0.002%, Cu 0.001%.
Lo Zn GOB è un metallo a titolo 98.5%, contenete un ammontare massimo di impurezze pari a 15 kg/ton, possibili con combinazione di tenori massimi dei seguenti elementi normati: Pb 1.4%, Cd 0.2%, Fe 0.05%.
A tali diverse tipologie di produzione si accompagnano impatti dal punto di vista ambientale del tutto simili.

Tradizionalmente le materie prime a base Zn sono quelle naturali come la blenda e per il piombo i solfuri, quali la galena, ed i minerali ossidati misti.

In seguito alla crisi del settore minerario, hanno acquisito importanza sempre maggiore, sia per motivi legati al mercato sia per tematiche ambientali, le materie prime secondarie derivanti da alcuni settori industriali. Ricordiamo in particolare:

- i residui di galvanizzazione, le schiumature ed i fanghi a base Zn derivanti dai processi di elettrolisi per la produzione del metallo stesso e i fumi di acciaierie (EAF dusts) da abbattimento delle emissioni atmosferiche dai forni elettrici ad arco e dagli impianti del settore di produzione ottone.
- i residui dalla lavorazione delle batterie e del riciclaggio dei rottami di Pb.

Il riciclo dei materiali contenenti Zn e Pb è un punto fondamentale per la sostenibilità ambientale ed economica del settore di produzione Pb-Zn.

Da sempre, le maggiori tematiche ambientali associate alla produzione primaria di Zn e Pb sono quelli legati alle emissioni di SO_2 e di particolato solido contenete metalli pesanti (ben risolti dagli smelters europei), la produzione di residui dai processi di raffinazione elettrolitica dello Zn e di residui dai processi di produzione del Pb.

In maggior dettaglio, l'attività di produzione primaria di Pb-Zn-Cd-Hg e loro leghe metalliche può avvenire per via termica, via umida e via elettrochimica. Alle suddette produzioni è associata quella fatale di acido solforico.

Le materie prime di partenza sono costituite da minerali sulfurei (blende e galene), materiali solfo-ossidati, rottami metallici (scraps) e fumi di acciaieria (EAF).

I cicli produttivi principali sono costituiti da:
1. Ciclo Imperial Smelting (ISF),
2. Zinco elettrolitico (ZnE);
3. Kivcet (KSS).

Il Ciclo Imperial Smelting è normalmente costituito dai seguenti impianti:
- Agglomerazione
- Purga Cadmio
- Imperial Smelting Furnace
- Raffinazione Termica Zinco
- Waelz e bricchette

Il Ciclo Zinco Elettrolitico è normalmente costituito dai seguenti impianti:
- Arrostimento minerali
- Acido Solforico
- Recupero e produzione Mercurio
- Lisciviazione
- Elettrolisi Zinco
- Preparazione Anodi
- Fusione Catodi

Il Ciclo del Piombo KIVCET è normalmente costituito dai seguenti impianti:
- Miscelazione materie prime, preparazione carica ed essiccamento miscela
- Forno KIVCET, decuprazione/raffinazione e colata Piombo
- Frazionamento d'aria

Schema di flusso Generale
Polveri EAF (Fumi di acciaieria)
Res. Lisciv.
Olio comb.
Coke fine
Antracite
Impianto Forni Waelz
Ossido Waelz lavato
Olio combustibile
Ceneri di Zn
Scarti bricchette
Impianto Bricchettatura
Bricchette calde
Scorie Waelz a
Minerali di Zn
Minerali di Pb
Inerti
Scraps di Zn e sue leghe
Coke
Impianto Imperial Smelting
Polveri di ossidi di Zinco
Pb d'opera
Cd
Zinco SHG/GOB
Scorie ISF a discarica
Minerali di Zn
Impianto Zinco Elettrolitico
Zinco SHG
Solfati Pb/Ag
Residui di Fe a discarica
Minerali di Pb
Solfati di Pb
Coke
Impianto Piombo KSS
Pb d'opera
Scorie a discarica
Residui di Piombo
Impianto Decuprazione
Schiume cuprifere
Piombo decuprato
Raffineria Piombo
Pb
Leghe Pb
Ag
Au

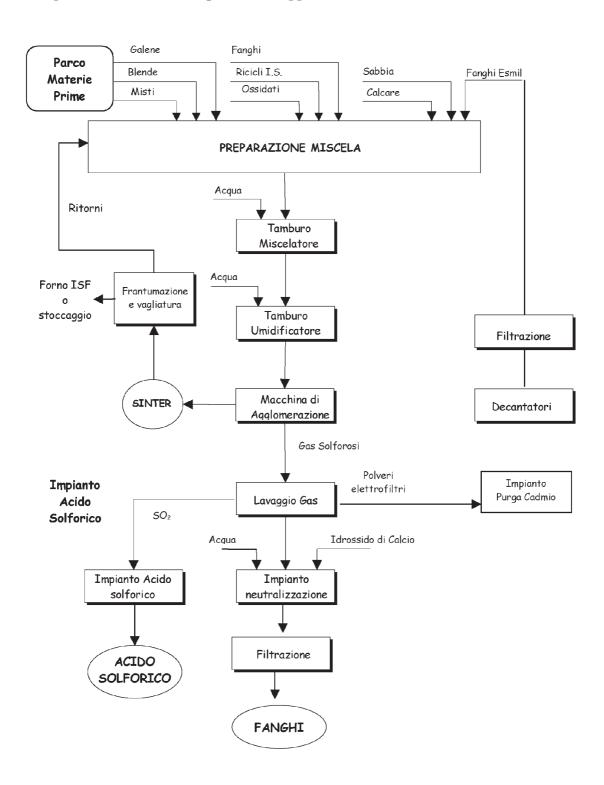
Ciclo Imperial Smelting

Il Ciclo Imperial Smelting comprende normalmente gli impianti di seguito descritti.

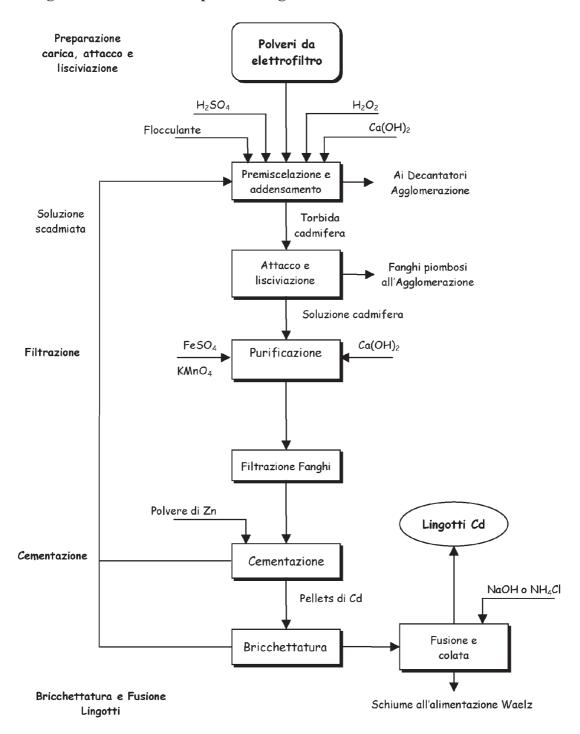
Impianto di Agglomerazione (Schema di flusso 2a)

L'impianto di agglomerazione è suddiviso in diverse sezioni.

1. *Preparazione Miscela*: in tale sezione, la carica viene predisposta mediante la miscelazione dosata di materiali quali solfuri misti, ossidi, ritorni e scorie, al fine di assicurare l'umidità e le caratteristiche di fusibilità ottimali richieste dal processo.
2. *Sinterizzazione*: in tale sezione, ha luogo la desolforazione dei solfuri metallici di Pb-Zn-Cd-Fe ad opera di speciali bruciatori. In essa, si ottiene la produzione di un agglomerato duro e poroso di Zn e Pb (Sinter), mentre l'anidride solforosa (SO_2) che si libera nel processo viene convogliata all'impianto Lavaggio gas.
3. *Frantumazione e vagliatura*: in tale sezione, l'agglomerato viene vagliato in funzione della sua pezzatura per essere inviato direttamente alla carica del forno oppure per essere frantumato e stoccato in attesa di essere alimentato all'impianto Agglomerazione.
4. *Lavaggio gas*: in tale sezione, mediante elettrofiltri, avviene la depurazione e la separazione dei gas solforosi dalle polveri che vengono riciclate all'impianto come materia prima. I gas caldi in uscita dagli elettrofiltri subiscono diverse fasi di raffreddamento con acqua prima di essere inviati all'impianto Acido Solforico IS. Le acque di lavaggio gas producono fanghi che vengono estratti e riciclati come materia prima in alimentazione all'impianto
5. *Impianto Acido Solforico*: in tale sezione, l'anidride solforosa viene convertita in anidride solforica (SO_3) e successivamente in acido Solforico (H_2SO_4) con un processo di doppia catalisi.

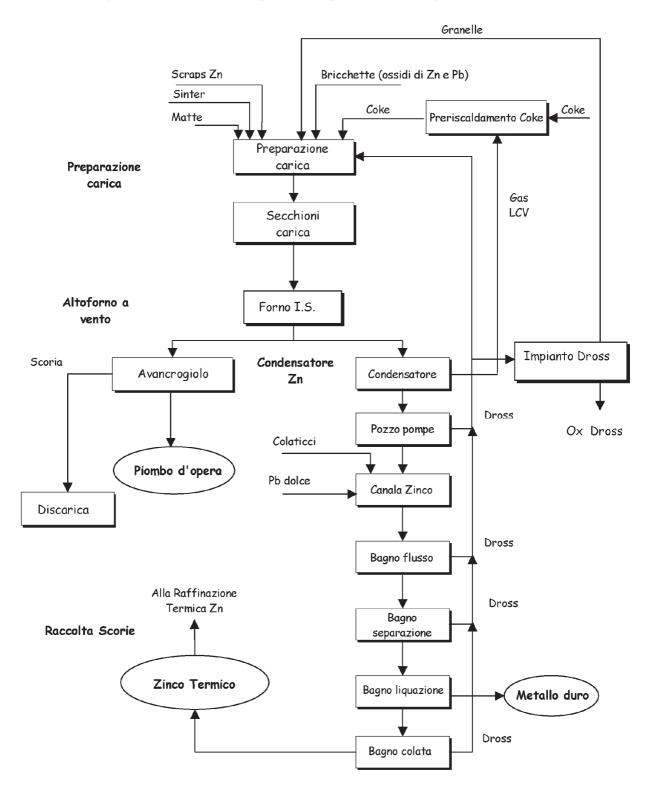
Diagramma di Flusso Impianto di Agglomerazione - Flusso 2a

Impianto Purga Cadmio (Schema di flusso 2b)

L'impianto ha lo scopo di eliminare il Cd presente nel ciclo di lavorazione dell'ISF a partire dall'impianto Agglomerazione. A tal fine, applica un processo ad umido mediante la precipitazione, dalle polveri degli elettrofiltri, di una "spugna Cd" che al termine del processo di lavorazione viene fusa per ottenere Cd metallico in lingotti.
Il processo può essere schematizzato in 4 punti principali :
1. *Attacco acido delle polveri di Cd recuperate dagli elettrofiltri dell'Agglomerazione*: la dissoluzione con buona resa del Cd contenuto nelle polveri avviene dopo lisciviazione acida con acido Solforico per 15/16 h, ad una temperatura di 80/85 °C e ad un pH tra 2.0 e 4.0. I residui recuperati, essenzialmente solfato di Piombo ($PbSO_4$), vengono filtrati e pressati per ridurre l'umidità prima di essere alimentati all'impianto Agglomerazione.
2. *Purificazione della soluzione cadmifera*: avviene mediante l'aggiunta di permanganato di Potassio ($KMnO_4$) che durante l'attacco acido consente di eliminare le impurezze metalliche che potrebbero compromettere la qualità della spugna Cd. La fase liquida e la fase solida vengono quindi separate per filtrazione. Il residuo ottenuto viene riciclato in alimentazione all'impianto Agglomerazione come materia prima.
3. *Cementazione Cd*: consiste nella precipitazione del Cd sotto forma di spugna metallica dalla soluzione purificata, mediante l'aggiunta di polvere di Zinco. La soluzione zincifera ottenuta viene riutilizzata in Agglomerazione.
4. *Bricchettatura e fusione della spugna Cd*: la spugna Cd recuperata viene bricchettata mediante pressa e quindi rifusa a 400°C in presenza di soda (NaOH) o di cloruro d'ammonio (NH_4Cl), in funzione del tenore di Zn, per evitare ossidazioni ed eliminare grani di Zn ancora eventualmente presenti. Vengono così ottenuti lingotti di Cd iperpuro. Le scorie zincifere, principalmente cloruro di Zinco ($ZnCl_2$) e zincato di Sodio (Na_2ZnO_2) del processo di fusione, vengono riutilizzate come materia prima nell'alimentazione del forno Waelz.

Diagramma di Flusso Impianto Purga Cadmio - Flusso 2b

Impianto Imperial Smelting (Schema di flusso 2c)

L'impianto ha la funzione di produrre Pb e Zn allo stato metallico, da inviare successivamente ai rispettivi processi di raffinazione, ed è diviso in quattro sezioni :

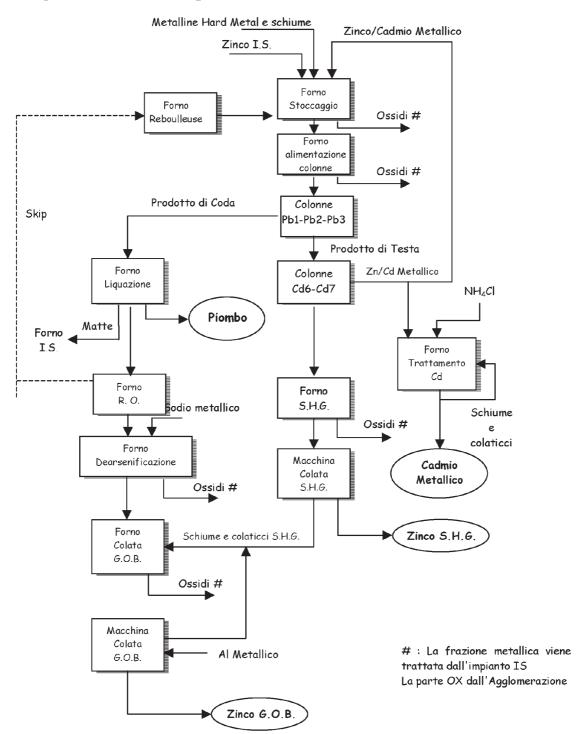
1. *Preparazione carica*: in tale sezione, avviene la selezione e il dosaggio dei materiali da inviare alla carica dell'alto forno e precisamente granelle e scarti di Zn, bricchette e Sinter. Il coke inserito in carica ha la funzione di riducente. Il prodotto viene trasportato al forno mediante secchioni.
2. *Forno a vento (o forno I.S.)*: in tale sezione, a seguito di insufflaggio di aria calda avviene la riduzione degli Ossidi di Zn e Pb a Zn e Pb metallici e la relativa produzione di monossido di carbonio (CO) e anidride carbonica (CO_2). Il Pb diventa Pb d'opera e viene spillato alla base del forno assieme alle scorie, che vengono avviate a discarica per lo smaltimento finale.
3. *Condensatore Zn*: in tale sezione, i prodotti di combustione, insieme ai vapori di Zn, escono dalla parte alta del forno, passano attraverso un condensatore dove, grazie al contatto con una pioggia di Piombo fuso a una temperatura più bassa, avviene la separazione dello Zn. In questa fase si ha anche la produzione del cosiddetto Metallo Duro (Hard Metal), costituito da un conglomerato di particelle finissime di carburi metallici.
4. *Impianto Dross*: all'uscita del condensatore è posto un impianto di raccolta e di vagliatura delle scorie dei bagni metallici (Dross) che vengono riciclate in testa all'impianto.

Diagramma di Flusso Impianto Imperial Smelting - Flusso 2c

Impianto Raffinazione Termica Zinco (Schema di flusso 2d)

L'impianto separa lo Zn dagli altri metalli presenti come impurezze nella colata dell'altoforno IS, mediante un processo di distillazione frazionata in colonne a piatti, sfruttando le differenti temperature di ebollizione.
La colata di Zn del forno IS viene trasferita ad un forno di dosaggio dove subisce un riscaldamento controllato prima di passare alle colonne di frazionamento.
La prima batteria di colonne (colonne Piombo) produce due frazioni: un prodotto di testa costituito da Zn che contiene tutto il Cd ed un prodotto di coda costituito da Zn contenente metalli ad alta temperatura di ebollizione quali Fe, Cu, Pb, ecc.
Il prodotto di testa, dopo la condensazione, viene inviato in altre colonne (colonne Cadmio) dove ha luogo la separazione dello Zn dal Cd. Le colonne Cadmio producono un prodotto di testa costituito da una lega Zn-Cd che viene colata in lingotti. Tale lega viene poi rifusa per separare lo Zn dal Cd in un processo simile a quello già visto nell'Impianto Purga Cd e un prodotto di coda costituito da Zinco iperpuro (Zinco S.H.G.) che viene stoccato in attesa di essere colato in lingotti.
Il prodotto di coda delle colonne Piombo viene inviato ad un forno di liquazione in cui avviene la separazione di tre fasi liquide per stratificazione gravimetrica:

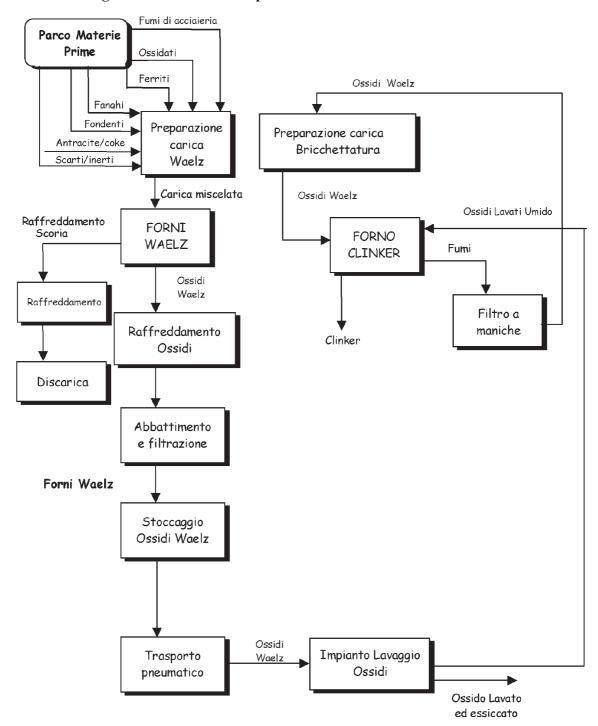
- la fase più pesante, costituita da Pb liquido, che viene periodicamente spillato per essere colato in lingotti;
- una fase intermedia, costituita da una lega Zn-Fe e metalli pesanti (matte), che viene estratta e reintrodotta come materia prima in alimentazione al ciclo IS;
- una fase leggera costituita da Zn impuro (Zn Run-Off) che viene avviata ad un forno in cui mediante l'aggiunta di Sodio, avviene un processo di dearsenificazione.

Le due linee di colata in continuo che ricevono lo Zn R.O. così prodotto e parti metalliche di recupero (lingotti imperfetti, rottami di Zn, schiumatura, etc), completano l'impianto e producono lingotti di Zn di qualità media (Zn G.O.B.).

Diagramma di Flusso Impianto Raffinazione Termica Zinco Flusso 2d

Impianto Waelz (Schema di flusso 2e)

In questo impianto si realizza un processo di arricchimento metallurgico (arricchimento di materiali poveri) di minerali e/o residui recuperabili, quali Fumi di acciaieria (EAF), a base di Zn e Pb in ossidi di Zn e Pb (Ossidi Waelz) e l'eventuale successiva trasformazione dell'Ossido Waelz prodotto in "bricchette".
L'impianto Waelz è costituito essenzialmente da 3 sezioni, di seguito descritte:

1. *Forno Waelz*: la carica, costituita sia da una miscela dei materiali sopra indicati sia da soli Fumi di acciaieria viene frantumata e dosata opportunamente, per essere ricca in calce e povera in silice e Fe, e arricchita in antracite o polverino di coke per alimentare i forni Waelz, forni rotativi ad asse inclinato in cui il materiale procede per rotolamento. La miscela all'interno del forno viene portata a fusione ad una temperatura di 1250°C. All'interno della carica di materiale, in atmosfera fortemente riducente, avviene la riduzione degli ossidi di Zn a Zn metallico allo stato di vapore.
   I vapori di Zn che si liberano dalla carica, in atmosfera ossidante, reagiscono con l'O_2 e il CO a formare nuovamente l'ossido del metallo.
   Inoltre avvengono le reazioni di riduzione dei solfuri di Zn con produzione di monossido di carbonio e solfuri di Fe e Ca. Lo Zn metallico, prodotto allo stato di vapore, si trasforma in ossido di Zn, per cui tutto lo Zn presente nella carica si trasforma in ossido.
   Il Piombo presente nella carica si trasforma, per reazione analoga, in ossido e solfato di Pb.
   Durante tutto il processo si ha la formazione di scorie che percorrono in controcorrente il forno fino alla testata inferiore, dove vengono scaricate, raffreddate in acqua, scolate dall'acqua trattenuta e avviate in discarica.
2. *Bricchettatura*: gli ossidi in uscita dal forno Waelz vengono trasformati a caldo per ottenere bricchette di pezzatura idonea alla carica del forno a vento.
   Il processo si svolge in due fasi:
   - clinkerizzazione: in un forno rotativo simile al forno Waelz gli ossidi vengono ricotti per ottenere un prodotto granulare (Clinker) con proprietà chimico-fisiche adatte alla carica del forno IS;
   - compattazione: il Clinker ottenuto, previa vagliatura, viene compattato in bricchette che vengono avviate allo stoccaggio prima della loro alimentazione agli impianti.
3. *Lavaggio Ossidi Waelz*: la depurazione degli ossidi Waelz si rende necessaria per depurare gli ossidi prodotti da elementi alogeni ed alcalini che avrebbero altrimenti un contenuto non tollerabile per gli impianti che vengono alimentati con l'ossido Waelz tal quale.

Diagramma di Flusso Impianto Waelz - Flusso 2e

Ciclo Zinco Elettrolitico

Nel Ciclo dello Zn elettrolitico avviene la raffinazione dello Zn per via elettrolitica. Il ciclo è costituito dagli impianti di seguito riportati :

Impianto Arrostimento Minerali (Schema di flusso 2f)

L'impianto ha lo scopo di produrre ossidi di Zn (calcinato) a partire da materie prime quali blende, ossidati di Zn e ossidi da tuzie (scorie).
Lo Zn per poter essere convenientemente solubilizzato deve essere trasformato in ossido. La trasformazione avviene in un forno a letto fluido (Fluo-Solid) in cui avviene la reazione :

$$2ZnS(l)+3O_2(g)\rightarrow 2ZnO(l)+2SO_2$$

Tale reazione avviene in una massa fluidificata da aria insufflata da ugelli ubicati alla base del forno, ed è fortemente esotermica .
Durante la desolforazione si formano anche ossidi di altri metalli. L'anidride solforosa prodotta viene inviata ad un Impianto Acido Solforico.
In uscita dal Fluo-Solid, il materiale a granulometria più grossolana del calcinato - circa il 50% - viene raffreddato e macinato per portarlo alla granulometria più adatta al successivo processo di lisciviazione e quindi stoccato.
Il restante 50%, di consistenza polverulenta, attraversa una caldaia a recupero in cui viene depolverato e depurato dai gas solforosi che vengono inviati all'Impianto Acido Solforico e quindi stoccato.

Impianto Acido Solforico (Flusso 2f)

I gas solforosi dall'Impianto Arrostimento vengono depurati mediante elettrofiltri ad umido e lavaggio con acido Solforico per il recupero del Mercurio e da qui, attraverso un convertitore dotato di un catalizzatore a base di pentossido di Vanadio (V_2O_5), si ha la conversione di SO_2 in SO_3. L'anidride solforica così ottenuta viene assorbita in due torri con Acido Solforico al 98.5% e quindi avviata allo stoccaggio.

Impianto Recupero Mercurio (allegato 2f)

Dalla linea di lavaggio dell'anidride solforosa il Mercurio viene recuperato come cloruro mercuroso (Hg_2Cl_2) mediante una soluzione di cloruro mercurico ($HgCl_2$) in una reazione di dismutazione :

$$Hg(g)+HgCl_2(s)\rightarrow Hg_2Cl_2(s)$$

Dal cloruro mercuroso, per elettrolisi, si ottengono Hg e Cl_2 :

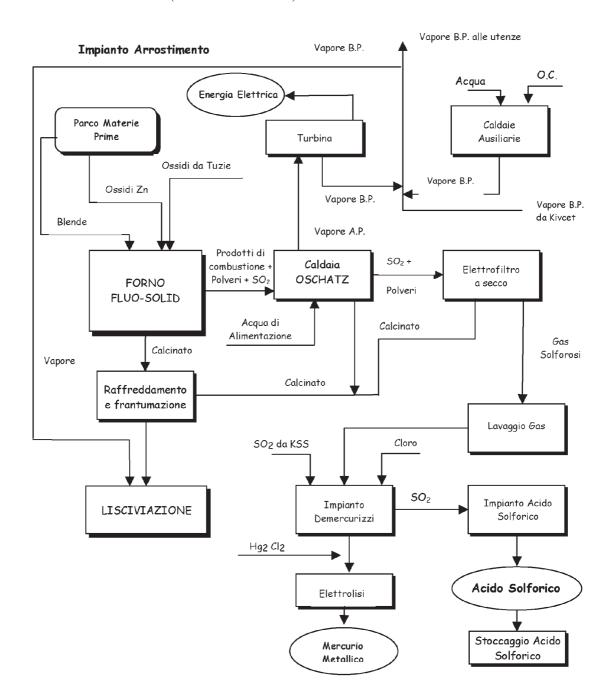
$$Hg_2^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow 2Hg(l)$$

$$2Cl^-(aq)\rightarrow Cl_2(g)+2e^-$$

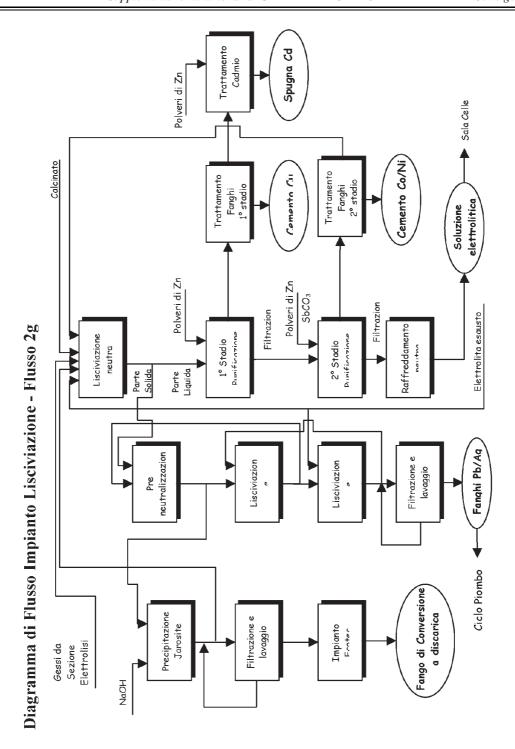
Uno dei due atomi di Mercurio viene riossidato secondo la reazione :

$$Hg(l)+Cl_2(g)\rightarrow HgCl_2(s)$$

allo scopo di ripristinare il cloruro mercurico (il flusso indica cloruro mercuroso) utilizzato nel ciclo di recupero.

Impianto Arrostimento Minerali; Impianto Recupero Mercurio; Impianto Acido Solforico Nuovo Polo . (Schema di flusso 2f)

Impianto Lisciviazione (Schema di flusso 2g)

Il calcinato proveniente dall'Impianto Arrostimento viene solubilizzato con l'elettrolita esausto proveniente dalla sala celle dell'elettrolisi Zn. Tale processo è denominato "lisciviazione neutra".
Dalla lisciviazione neutra si ottiene una soluzione denominata "torbida neutra" ricca in solfato di Zinco adatta all'alimentazione delle celle elettrolitiche. Questa soluzione è depurata dal Fe(II) che viene precipitato, per ossidazione in ambiente acido ad opera della Pirolusite (MnO_2).
Quindi la torbida neutra subisce decantazione. La parte liquida, prima di entrare in sala celle subisce un trattamento di cementazione dei metalli pesanti presenti come impurezze.
Nel 1° stadio di purificazione Cu e Cd vengono cementati con polveri di Zn mentre nel 2° stadio di purificazione Co e Ni vengono cementati con polveri di Zn e Tartrato d'Antimonio e Potassio. I cementi ottenuti vengono inviati al recupero dei metalli presenti. La parte liquida rimanente viene quindi inviata alle celle di elettrolisi.
La parte solida della torbida neutra (Fanghi di neutra) subisce un attacco acido e superacido per solubilizzare lo Zn legato ai ferriti (lisciviazione acida e superacida). Il Fe solubilizzato viene precipitato con l'aggiunta di Soda (NaOH).
Il fango di Pb/Ag in uscita dall'Impianto Lisciviazione costituisce materia prima per l'alimentazione dell'impianto Kivcet.

Diagramma di Flusso Impianto Lisciviazione - Flusso 2g

Impianto Elettrolisi Zinco (Schema di flusso 2h)

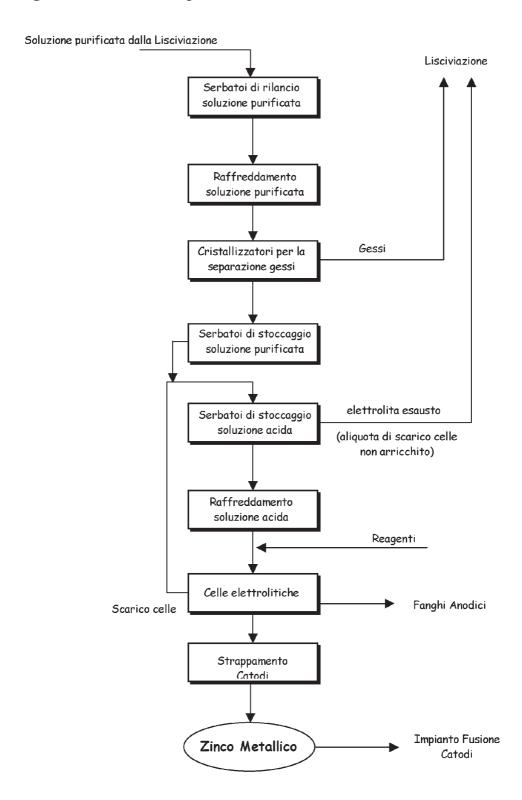
L'impianto produce Zn puro per deposizione su catodi di alluminio.
Può essere suddiviso in 4 diverse sezioni.

1. *Circolazione elettrolita*: la soluzione neutra purificata dall'Impianto Lisciviazione viene raffreddata. Da questa soluzione vengono separati i solidi sospesi (gessi) che vengono riciclati in Lisciviazione. La soluzione purificata e raffreddata viene stoccata e quindi miscelata alla soluzione di scarico delle celle e da qui, dopo un ulteriore raffreddamento, inviata alla sala celle per l'elettrolisi.

2. *Reagenti* : aggiunta di reagenti all'uscita delle torri ed invio in sala celle.

3. *Elettrolisi*: durante tale processo lo Zinco contenuto nella soluzione elettrolitica si deposita al catodo impoverendo la soluzione. La quantità dello Zn depositato è funzione dell'amperaggio della corrente che attraversa le celle. In continuo si ha la formazione dei cosiddetti fanghi anodici, principalmente biossido di manganese (MnO_2), che si forma per ossidazione del Mn presente come solfato. Questi fanghi devono essere periodicamente rimossi per garantire un efficace svolgimento del processo di elettrolisi e vengono rialimentati all'impianto arrostimento.

4. *Ciclo di strappamento dello Zn*: quando la crescita dello Zn sul supporto catodico di Al ha raggiunto lo spessore desiderato, lo Zn deve essere strappato. Questa operazione viene effettuata automaticamente ed è ciclica, ovvero si torna a strappare il materiale dallo stesso catodo una volta che è trascorso il tempo di deposizione stabilito. Le lastre così strappate vengono accatastate in attesa di passare all'Impianto Fusione Catodi.

Diagramma di Flusso Impianto Elettrolisi Zinco - Flusso 2h

Impianto Fusione Catodi (Schema di flusso 2i)

L'impianto ha lo scopo di produrre lingotti di Zn, a partire dai catodi provenienti dallo strappamento, e polveri di Zn da utilizzare nella sezione di purificazione dell'Impianto Lisciviazione.
L'impianto è costituito da 2 sezioni.

1. *Fusione e colata*: lo Zn viene caricato in un forno elettrico (Forno ABB) assieme a cloruro d'ammonio (NH_4Cl), necessario alla fluidificazione delle scorie (tuzie) che si formano durante il processo di fusione. Durante la colata, nella fase di dosaggio, lo Zinco forma schiume che vengono asportate in automatico. Queste schiume in parte torneranno in testa all'impianto e in parte verranno avviate ad un Forno Calamari. Nella fase di stoccaggio i pani di Zinco che verranno scartati torneranno alla fusione.

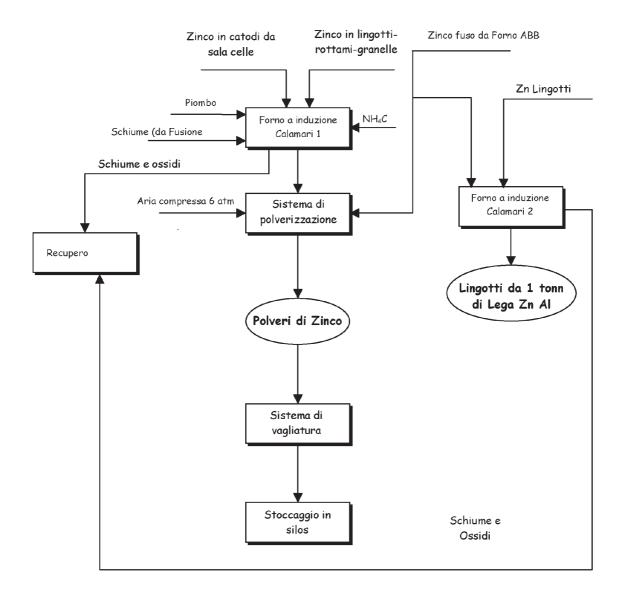
2. *Trattamento tuzie e sgranellatura*: le tuzie vengono asportate in automatico dalla superficie del bagno fuso del forno e conservate in appositi cassonetti. Da questi vengono trasferite ad un mulino a sfere dove vengono macinate prima di subire un ulteriore trattamento di vagliatura della pezzatura.

Diagramma di Flusso Impianto Fusione catodi - Flusso 2i
Zinco in catodi da Sala celle
Caricamento Forno ABB
Forno ad induzione ABB
NH_4Cl
Schiumatura pani
Impilaggio e legatura
Stoccaggio cataste pani di Zinco
Lingotti di scarto
Stoccaggio intermedio
Calamari 1 / 2
Tuzie
Schiume
Stoccaggio
Impianto Polveri di Zinco
Sgranellatura
Macinazione
Stoccaggio ossido
Ossido all'Arrostimento
Stoccaggio granelle di Zinco
Alla rifusione

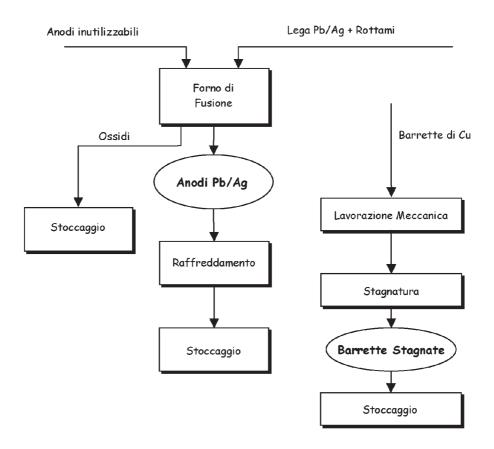
Impianto polveri di Zn (Schema di flusso 21)

L'impianto ha lo scopo di produrre le polveri di Zn necessarie a favorire la cementazione dei metalli nella fase di Lisciviazione e del Cd per la produzione di spugna Cd.
E' diviso in tre sezioni, che non sempre lavorano contemporaneamente.

1. *Impianto Polveri*: un forno di fusione ad induzione denominato Calamari 1 viene alimentato con cataste di Zn e viene addizionato con Pb in concentrazione dell'1÷2% per favorire il processo di cementazione in Lisciviazione. Come nella sezione di fusione e colata, l'aggiunta di cloruro d'ammonio favorisce la separazione degli ossidi, che vengono recuperati e stoccati. Lo Zn fuso viene polverizzato finemente tramite un getto d'aria compressa. Le polveri vengono vagliate in funzione della pezzatura e stoccate.
2. *Produzione Leghe*: una parte dello Zn in fusione viene prelevato dal forno ad induzione Calamari e trasferito ad un altro forno dove avviene l'aggiunta di un quantitativo predeterminato di Al, unitamente a cloruro d'ammonio per facilitare la separazione e la successiva schiumatura degli ossidi. A seguito di un riscontro analitico favorevole si procede alla colata ed al raffreddamento dei lingotti che vengono quindi stoccati.
3. *Forno Calamari 2*: in caso di fuori servizio del forno Calamari 1, entra in funzione il forno Calamari 2, che riceve lo Zinco fuso dal forno ABB in cui si ha la fusione dello Zn in lingotti.

Diagramma di Flusso Impianto Polveri Zinco - Flusso 2l

Impianto Produzione Anodi (Schema di flusso 2m)

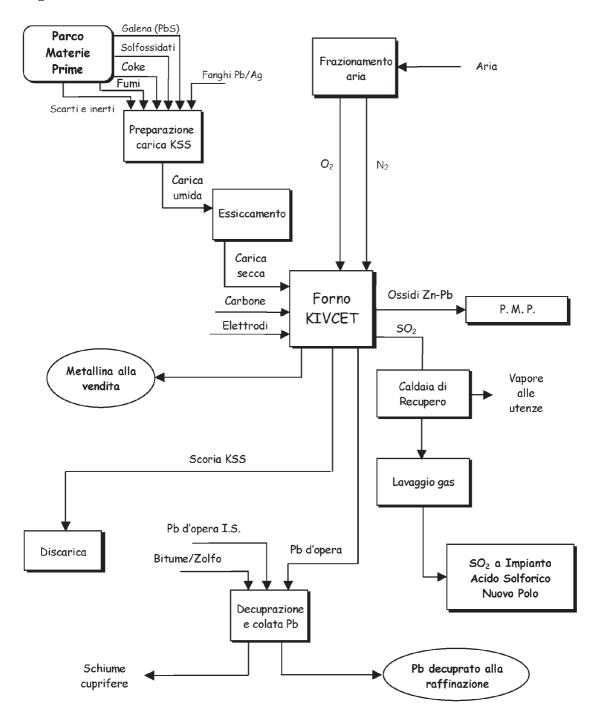
Gli anodi necessari al processo di elettrolisi vengono preparati a partire da rottami di lega Pb-Ag e da anodi non più utilizzabili.
Questi materiali vengono caricati in un forno elettrico dove vengono fusi e quindi colati in appositi stampi di ghisa. Da qui vengono raffreddati in acqua, rifiniti e stoccati.
Le barrette in rame, recuperate all'atto della fusione dei rottami, vengono fresate ed eventualmente raddrizzate quindi immerse in un fornetto elettrico dove subiscono la stagnatura. Una volta asciugate, vengono movimentate ad uno stoccaggio provvisorio dal quale saranno prelevate per il loro successivo utilizzo.

Diagramma di Flusso Impianto Produzione anodi - Flusso 2m

Ciclo Produzione Piombo (Schema di flusso 2n)

L'impianto Kivcet (KSS) per la produzione di Piombo è basato su un processo di ossidoriduzione diretta dei minerali di alimentazione, caratterizzato dall'elevato rendimento di trasformazione e dalla limitata quantità di inquinanti emessi
Tale ciclo prevede le tre seguenti sezioni:

1. *Miscelazione materie prime, preparazione carica ed essiccamento miscela*: la carica, costituita da coke, galene, scorie e fanghi Pb-Ag provenienti dall'Impianto Lisciviazione dello Zinco Elettrolitico, viene miscelata ed essiccata prima dell'invio al forno.
2. *Forno KIVCET, raffinazione e colata Piombo*: il forno di fusione è costituito da due sezioni, separate da una parete divisoria immersa parzialmente nel bagno fuso, in cui avvengono la fusione-reazione e la riduzione elettrotermica. Nella zona di fusione-reazione avviene l'ossidoriduzione dei solfuri e del coke con ossigeno tecnico come comburente e con coke in funzione di riducente. L'anidride solforosa prodotta viene inviata ad un impianto di produzione acido Solforico. Nel processo si producono essenzialmente tre componenti allo stato fuso:
   - Pb d'opera, periodicamente estratto da un sifone per essere inviato alla decuprazione;
   - Metallina, estratta in maniera discontinua e colata in siviere metalliche per la vendita;
   - Scoria KSS, inviata alla zona elettrotermica, in cui viene mantenuta ad alta temperatura mediante elettrodi di grafite, per la fumigazione di parte dei metalli ancora contenuti nella scoria, che vengono ossidati, raffreddati e inviati ad un impianto di recupero polveri.

   La scoria fusa granulata in acqua, si presenta come una graniglia vetrosa che viene estratta periodicamente dall'impianto per lo smaltimento controllato in discarica o per essere utilizzata come fondente in miscele di alimentazione ad impianti metallurgici quali il Waelz o l'Humboltd.
   Il Pb fuso proveniente dal sifone viene decuprato tramite l'aggiunta di Zolfo granulare e bitume. Successivamente viene colato in lingotti e quindi trasferito a mezzo camion all'impianto di Raffinazione per la definitiva trasformazione a Pb commerciale.
   Nel forno KIVCET si produce anche una certa quantità di ossidi di Zn e Pb che vengono inviati al forno Waelz.
3. *Frazionamento Aria*: nell'impianto di frazionamento aria si producono l'O_2 e l'N_2 necessari al processo Kivcet stesso.

Diagramma di Flusso Ciclo Piombo KSS - Flusso 2n

Analisi degli impatti ambientali

Gli impatti ambientali che potrebbero scaturire dai processi della produzione primaria Zn-Pb-Cd-Hg sono legati, principalmente, ai seguenti aspetti ambientali:
1. emissioni in atmosfera
2. effluenti liquidi
3. rifiuti/residui di processo

Tali aspetti ambientali significativi ciascuno in modo proprio relativamente ai processi suddetti, possono divenire impatti se non vengono correttamente gestiti.
Per ciascuno di essi, si riporta di seguito una breve descrizione e le misure adottate per la loro gestione in termini ambientali ottimali, con riferimento all'applicazione delle BAT.

Di seguito, per il settore della produzione primaria Pb-Zn, si presentano alcune tecniche che possono essere adottate per prevenire e ridurre sia le emissioni che la produzione di residui e rifiuti e sia per minimizzare i consumi energetici. Queste tecniche sono al momento disponibili ed applicate negli impianti italiani e consentono la gestione degli aspetti ambientali di pertinenza in modo ottimale con specifico riferimento all'applicazione delle BAT.

Captazione ed abbattimento delle emissioni atmosferiche

Tale impatto ambientale è legato a:
- emissioni convogliate degli impianti del processo produttivo;
- emissioni diffuse legate alle attività di stoccaggio e movimentazione delle materie prime e ad alcune fasi del processo;
- perdite dalle apparecchiature di processo.

Per quanto riguarda la minimizzazione dell'impatto ambientale legato alle emissioni convogliate, vengono posti in essere sistemi di abbattimento delle polveri a maniche filtranti o mediante venturi scrubber od elettrofiltri a secco e/o ad umido del tipo ad elevata efficienza. La gestione ed il controllo di tale impatto prevede un sistematico monitoraggio delle emissioni e dell'efficienza della strumentazione e delle apparecchiature utilizzate per il controllo dell'aspetto ambientale di pertinenza, finalizzata alla sua gestione onde evitare di trasformarlo in impatto.

La minimizzazione dell'aspetto ambientale legato alle emissioni diffuse prevede un controllo della disperdibilità del materiale conseguibile mediante controllo dell'umidità dei materiali in cumulo e una conseguente azione di filmatura degli stessi al fine di tenere sottocontrollo la dispersione di polveri. Il controllo della dispersione delle polveri lungo le strade interne di collegamento fra gli impianti, viene attuata mediante bagnatura della strada e successiva, raccolta delle acque utilizzate per tale dilavamento.

Le migliori tecniche disponibili sono quelle che consentono la captazione più efficace dell'inquinante in corrispondenza del/dei punti di emissione unita ad una tecnica di abbattimento dello stesso consona alla natura della corrente da depurare. Sistemi di

abbattimento polveri a maniche filtranti o mediante venturi scrubber od elettrofiltri a secco e/o ad umido ad alta efficienza presentano oggi pari validità dal punto di vista ambientale. Risultano preferiti i sistemi a secco per la semplicità e l'efficienza della gestione, mentre quelli ad umido risultano obbligati per l'abbattimento di talune correnti gassose.

Per le produzioni del settore Pb-Zn le principali tipologie di potenziali emissioni atmosferiche sono solo quelle riferibili a composti presenti o derivabili dai processi produttivi:

- SO_X ed aerosoli acidi
- NO_X
- Polveri contenenti metalli pesanti e loro composti
- COV e diossine.

La gran parte delle emissioni è dovuta a polveri, con l'eccezione di metalli quali cadmio, arsenico e mercurio, per i quali è possibile la rilevazione significativa dell'elemento in fase vapore.

Le principali potenziali fonti di emissione dai processi sono:

- impianto di arrostimento/desolforazione (la maggior parte delle emissioni può verificarsi in occasioni di fermate non programmate);
- trasporto e manipolazione dei materiali;
- fusione e raffinazione;
- lisciviazione e purificazione;
- elettrolisi;
- colata;
- impianti acido solforico.

Componente	Arrostimento, sinterizzazione, fusione	Lisciviazione e purificazione	Elettrolisi	Colata	Impianto acido solforico
SO_x	•• *	•	••	•	•••
NO_x	• *				•
Polveri e metalli pesanti	••• *	•		••	
COV e diossine	• **				

Nota: ••• maggiormente significativo, ………… • meno significativo
* Le emissioni dirette dai processi di arrostimento o fusione sono abbattute direttamente o convertite nell'impianto acido solforico; le restanti emissioni di SO_X ed NO_X da impianto acido solforico sono ancora significative. Emissioni fuggitive o non captate da queste fonti possono essere ancora rilevanti.
** COV e diossine possono essere presenti se nei processi sono utilizzati materiali secondari che contengono diossine o sono contaminati da materiali organici.

Di seguito si riporta una sintesi delle emissioni atmosferiche del settore Pb-Zn-Cd-Hg.

SO_2

Processo	Prodotto	Produzione totale Ton/anno	SO_2 emessa g SO_2/ton prodotto
Arrostimento ed elettrolisi	Zinco metallo	110,000	2,754
Kivcet	Piombo metallo	80,000	2,018
ISP	Zinco metallo Piombo metallo	85,000 35,000	8,917
Waelz *	Ossido Waelz	61,000	1,395
* N.B.: per il processo Waelz gli indici sono riferiti alla produzione di ossido Waelz			

Polveri e metalli pesanti

Processo	Prodotto	Produzione totale Ton/anno	Zn emesso in g /ton prodotto	Pb emesso in g /ton prodotto
Arrostimento ed elettrolisi	Zinco metallo	110,000	6.18	1.546
Kivcet	Piombo metallo	80,000	6.75	15.25
ISF	Zinco metallo Piombo metallo	85,000 35,000	77.77	37.77
Waelz *	Ossido Waelz	61,000	10.82	3.93
* N.B.: per il processo Waelz gli indici sono riferiti alla produzione di ossido Waelz				

COV e diossine

La produzione di diossine nelle zone di combustione e nelle zone di raffreddamento (de-novo sintesi) dei sistemi di trattamento dei gas di processo in uscita potrebbe essere possibile in taluni processi soprattutto se materie plastiche contenenti cloro sono alimentati all'impianto. Le diossine sono anche state riscontrate in alcune polveri da impianti Waelz alimentati da fumi di acciaieria. La loro presenza dipende non solo dalle caratteristiche dei fumi in alimentazione ma anche dalle caratteristiche dei forni Waelz cui sono alimentati (soprattutto tempo di permanenza della carica nelle varie sezioni del forno, velocità di raffreddamento delle correnti di processo).

Emissioni diffuse

Oltre alle emissioni da processo, sono possibili anche emissioni diffuse e fuggitive. Le principali sorgenti di emissioni fuggitive sono:

- polveri da stoccaggio e movimentazione di concentrati;
- perdite da impianti di arrostimento/desolforazione e impianti di fusione;

- polveri dai forni e dagli impianti di colata;
- emissioni gassose da torri di raffreddamento e dalle tine di lisciviazione e purificazione;
- emissioni gassose da torri di raffreddamento dei processi di elettrolisi.

A tutt'oggi esistono importanti difficoltà per la stima e/o la misura delle emissioni fuggitive e di quelle diffuse, a causa della indisponibilità di metodi standardizzati applicabili significativamente al settore.

Effluenti liquidi

Nel settore della metallurgia del Pb-Zn primario, la produzione di acque reflue da depurare prima dello scarico deriva da:
- depurazione ad umido di aeriformi di processo;
- processi metallurgici;
- granulazione scorie;
- acqua di raffreddamento;
- acque meteoriche e di dilavamento.

Queste acque, ad eccezione della acque di raffreddamento indiretto a circuito chiuso, possono essere contaminate da metalli pesanti ed altri elementi che occorre rimuovere a termini di legge prima dello scarico.

Effluenti da depurazione ad umido di aeriformi di processo

Nel campo della produzione primaria Pb-Zn, le tecniche di abbattimento ad umido sono correntemente utilizzate là dove costituiscono l'unica tecnica di abbattimento utilizzabile per la natura della corrente aeriforme da depurare e del processo. Venturi scrubber, elettrofiltri ad umido e torri di lavaggio, sono spesso le uniche apparecchiature in grado di depurare le correnti aeriformi proprie dei processi primari del piombo e dello zinco. Gli elettrofiltri ad umido sono spesso utilizzati per trattare gas umidi saturi ad alto contenuto di polvere. (per esempio i gas ricchi di polveri prodotti dalle fasi di granulazione delle scorie durante la produzione sia di piombo sia di zinco primario).
Gli effluenti liquidi da tali impianti di abbattimento richiedono appropriati trattamenti di depurazione prima dello scarico.

Effluenti dai processi metallurgici

Gli effluenti sono originati dalla depurazione ad umido delle correnti aeriformi da processo, da processi sia pirometallurgici - in misura minore - che idrometallurgici – in misura maggiore – quali impianti di lisciviazione e purificazione, elettrolisi. Tali acque, per la natura dei processi, risultano acide per acido solforico.

Effluenti da granulazione scorie

Le scorie prodotte dai processi primari dello Zn e del Pb possono essere granulate in in acqua. Normalmente, l'acqua di granulazione è a circuito chiuso perché richiede specifici trattamenti chimici finalizzati a preservare l'efficienza della linea di granulazione stessa.
Gli effluenti liquidi, previa filtrazione, sono riciclati e gli spurghi sono inviati all'impianto di trattamento acque.

Acqua di raffreddamento

Nel campo della produzione primaria Zn-Pb l'acqua di raffreddamento è usata principalmente per raffreddamento di tipo indiretto. Per tale attività si utilizzano, là dove possibile, due tipi d'acqua: acqua dolce e acqua di mare a seconda delle portate necessarie al raffreddamento.
L'acqua di raffreddamento di tipo indiretto è usata per raffreddare reattori di conversione d'impianto acido solforico, forni - sia altiforni, che flash smelters e forni rotativi - impianti di colata. Normalmente l'acqua di mare è resa dopo l'utilizzo, mentre l'acqua dolce è riciclata, previo raffreddamento in torri.

Acque meteoriche e di dilavamento

Le acque meteoriche e di dilavamento dei piazzali e dei tetti contengono polveri con metalli pesanti. Data l'estensione degli impianti Pb-Zn primari, le acque dei primi congrui periodi di pioggia vengono depurate unitamente alle acque di processo, mentre quelle non di prima pioggia, se necessario, previa sedimentazione e trattamento chimico, possono essere scaricate direttamente previa verifica della composizione.
Fra le acque di dilavamento si annoverano quelle provenienti dalla bagnatura e pulizia di strade e piazzali, e dalla pulizia delle ruote degli automezzi. Tali acque sono raccolte dalla rete fognaria stradale e depurate.
Normalmente la tipologia degli impianti primari e di raffinazione, ha limitate produzioni di correnti liquide contenenti oli, per cui è normalmente possibile confinare le acque oleose a particolari zone dell'impianto, dalle quali viene emesso un refluo depurato dagli oli eventualmente presenti.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia.

Di seguito, per il settore della produzione primaria Pb-Zn, si presentano alcune tecniche che possono essere adottate per prevenire e ridurre sia le emissioni che la produzione di residui e rifiuti e sia per minimizzare i consumi energetici. Queste tecniche sono al momento disponibili ed applicate negli impianti italiani.

Selezione dei processi

Nel settore della produzione Pb-Zn primaria è particolarmente importante la tipologia dei cicli di produzione presenti nel singolo insediamento produttivo. Infatti, la natura dei cicli stessi tende a produrre semilavorati e/o recuperi che devono poter essere rialimentati ad impianti produttivi al fine di minimizzare le quantità di materiali che potrebbero altrimenti costituire rifiuto ai sensi della vigente legislazione.
In particolare l'integrazione fra gli impianti presenti in un insediamento, consentendo la chiusura dei cicli di produzione, è un tema fondamentale per il settore dal punto di vista sia economico sia ambientale.

Inoltre, altra tematica fondamentale in tale ambito, è quella legata alla tipologia degli impianti produttivi, che se caratterizzati da alta flessibilità, consentono l'utilizzo di una ampia gamma di materie prime e di materiali secondari con sensibili vantaggi dal punto di vista ambientale. La possibilità di utilizzare residui di produzione quali fumi di acciaieria (EAF dusts) e/o fanghi da altri processi produttivi, consente vantaggi ambientali legati all'utilizzo di materiali a maggiore titolo metallico, minore disperdibilità del materiale per la sua maggiore umidità, minori consumi di energia per la assenza di alcuni inquinanti quali zolfo e, quindi, la possibilità di ridurre il numero degli stadi produttivi prima di finalizzare il metallo a prodotto mercantile.

Metallo	Tipologia di impianto applicato su scala industriale	Osservazioni
Piombo	Imperial Smelting Furnace (ISF) Kivcet Forno rotativo corto Coppelle riscaldate Macchina di agglomerazione	
Zinco	ISF e impianto di distillazione New Jersey Desolforatore a letto fluido, macchina di agglomerazione Forno elettrico ad induzione e forno a crogiolo Forni di fumigazione scorie, forni Waelz	Il controllo della temperatura della fusione è essenziale

Allo scopo si fornisce una tipica performance (riferimento BRef, capitolo 5.2) di un impianto Pb-Zn primario integrato - composto dai cicli Imperial Smelting, Kivcet e Zinco elettrolitico con desolforatore a letto fluido - con riferimento alle materie prime alimentate, ai prodotti mercantili e ai rifiuti prodotti dagli impianti produttivi.

Materiale in alimentazione	**Ton/anno**
Blende	228,585
Galene	104,109
Concentrati misti Pb/Zn	58,884
Pastello da batterie esauste	28,257
Ferriti Zn	27,270
Fumi di acciaieria	139,247
Totale materia prima alimentata	**586,352**

Prodotti mercantili	**Ton/anno**
Zinco	194,951
Piombo	114,668
Ossido Waelz	60,859
Acido Solforico	286,231
Cadmio metallico	410
Mercurio metallico	17.8
Totale materiali prodotti	**657,136.8**

Rifiuti dagli impianti produttivi	**Ton/anno**
Scorie ISF	55,000
Scorie KSS	31,000
Scorie Waelz	173,000
Fanghi da conversione	75,000
Totale rifiuti prodotti	**334,000**

Stoccaggio, movimentazione delle materie prime

Per la produzione del settore Pb-Zn, possono essere utilizzate diverse tipologie di materiali sia di origine naturale (minerali) che di recupero. Queste ultime sono caratterizzate dall'elevato contenuto in metallo e dalla presenza in forma minore, o anche dall'assenza in taluni casi, di alcuni inquinanti, ad esempio S, invece naturalmente presenti nei minerali. Tali caratteristiche influenzano sia le modalità di stoccaggio che le lavorazioni stesse.

Lo stoccaggio riguarda fondamentalmente tre tipologie di materiali:
- minerali;
- residui di produzione/rifiuti;
- rottami.

Per quanto attiene allo stoccaggio dei minerali, per le condizioni climatiche italiane, possono essere adottati sia stoccaggi all'aperto su aree pavimentate a protezione del suolo e delle falde, sia stoccaggi all'interno di capannoni o sotto tettoie.

Gli stoccaggi all'aperto possono richiedere in condizioni eoliche particolarmente intense, l'applicazione di sostanze filmanti (a tale proposito può utilizzarsi anche il semplice latte di calce) per prevenire e/o ridurre la dispersione dei materiali.

Gli stoccaggi di residui di produzione/rifiuti avvengono normalmente al coperto in aree pavimentate per prescrizione tecnica legata alla classificazione formale di rifiuto del materiale.

Per quanto attiene allo stoccaggio dei rottami, normalmente quelli del settore Pb-Zn sono privi di oli e quindi non richiedono particolari cautele per lo stoccaggio, non avendo neppure attitudine alla dispersione del materiale.

L' utilizzo di sistemi di stoccaggio e manipolazione delle polveri tali da prevenire la formazione di emissioni sono da considerare come tecniche BAT. Inoltre, sono considerate BAT tutte le tecniche di movimentazione e stoccaggio indicate precedentemente nell' analogo paragrafo del capitolo "Processi Comuni", intitolato "Ricezione,movimentazione e stoccaggio dei materiali grezzi e dei residui"

Selezione dei processi

Nel settore della produzione Pb-Zn primaria è particolarmente importante la tipologia dei cicli di produzione presenti nel singolo insediamento produttivo. Infatti, la natura dei cicli stessi tende a produrre semilavorati e/o recuperi che devono poter essere rialimentati ad impianti produttivi al fine di minimizzare le quantità di materiali che potrebbero altrimenti costituire rifiuto ai sensi della vigente legislazione.
In particolare l'integrazione fra gli impianti presenti in un insediamento, consentendo la chiusura dei cicli di produzione è un tema fondamentale per il settore dal punto di vista sia economico sia ambientale.

Inoltre, altra tematica fondamentale in tale ambito è quello legato alla tipologia degli impianti produttivi, che se caratterizzati da alta flessibilità, consentono l'utilizzo di una ampia gamma di materie prime e di materiali secondari con sensibili vantaggi dal punto di vista ambientale. La possibilità di utilizzare residui di produzione quali fumi di acciaieria e/o fanghi da altri processi produttivi, consente vantaggi ambientali legati all'utilizzo di materiali a maggiore titolo metallico, minore disperdibilità del materiale per la sua maggiore umidità, minori consumi di energia per la assenza di alcuni inquinanti quali zolfo e quindi la possibilità di ridurre il numero degli stadi produttivi, prima di finalizzare il metallo a prodotto mercantile.

Captazione ed abbattimento delle emissioni di processo

Le migliori tecniche disponibili sono quelle che consentono la captazione più efficace dell'inquinante in corrispondenza del/dei punti di emissione unita ad una tecnica di abbattimento dello stesso consona alla natura della corrente da depurare. Sistemi di abbattimento a polveri a maniche filtranti o mediante venturi scrubber od elettrofiltri a secco e/o ad umido ad alta efficienza presentano oggi pari validità dal punto di vista ambientale.

In tale ambito si evidenzia che attualmente deve essere considerata BAT l'adozione di sistemi di abbattimento ad umido (elettrofiltri ad umido) sulla linea di granulazione scorie sia degli impianti ISF che KSS con valori in emissioni per le polveri pari a 15 mg/Nm^3 con un contenuto in Pb inferiore od uguale a 5 mg/Nm^3.
Per quanto attiene alle emissioni di SO_2, BAT fondamentale è costituita dagli impianti acido solforico a doppia catalisi. e catalizzatore ad alta efficienza, applicata negli impianti acido solforico legati agli impianti primari sia ISF che KSS, con valori in emissione di SO_2 non superiori agli 800 – 1200 mg/Nm^3.

La tabella seguente riassume le tecniche e le emissioni atmosferiche dagli smelters primari, desolforatori ed impianti agglomerazione, associati con l'utilizzo delle BAT nel settore Pb-Zn:

Inquinante	Range associato all'utilizzo delle BAT	Tecniche che possono essere utilizzate per raggiungere questi livelli	Commenti
Correnti di gas povero di SO_2 (~ 1-4%)	> 99.1	Impianti acido a singolo contatto o WSA, (il tenore di SO_2 nei gas in uscita dipende dalla concentrazione del gas in alimentazione)	Per gas poveri di SO_2. Combinato con sistemi scrubber a secco o semi secco per ridurre le emissioni di SO_2, produce gessi da collocare sul mercato
Correnti si SO_2 ricche (> 5%)	Fattore di conversione > 99.7%	Impianti acido solforico a doppio contatto. (Il tenore di SO_2 nei gas in uscita dipende dalla concentrazione del gas in alimentazione). Un de-mister può risultare appropriato per la rimozione finale delle nebbie di SO_3	La corrente gassosa deve essere depurata da altri contaminanti prima di passare alla fase di contatto (scrubber ad umido, elettrofiltri ad umido e se necessario rimozione del Hg per la produzione di H_2SO_4 a specifica commerciale
Nota Solo per le emissioni convogliate Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e polvere e la corretta temperatura operativa saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema.			

La tabella seguente riassume le tecniche e le emissioni nell'aria da pretrattamento materiali, fusione secondaria, raffinazione termica, fumigazione scorie e forni Waelz, associate con l'uso delle BAT nel settore Pb-Zn primario

Inquinante	Range associato all'utilizzo delle BAT	Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi livelli	Commenti
Polvere	1-5mg/Nm^3	Filtri in tessuto, elettrofiltri ad umido. (Un elettrofiltro ad umido può essere applicabile alla	Filtri in tessuto ad alta performance possono raggiungere bassi livelli di emissione di metalli pesanti.

		depurazione dei gas da granulazione scorie o per raffreddamento di gas umidi)	La concentrazione di metalli pesanti è legata alla concentrazione della polvere ed al contenuto di metalli pesanti della polvere
SO_2	50-200 mg/Nm^3	Scrubber alcalina. Scrubber alcalina semi secca e filtro in tessuto.	
NO_x	<100 mg/Nm^3 100-300 mg/Nm3	Bruciatore a basso NO_x. Bruciatore con aggiunta di ossigeno (Oxy fuel burners).	Valori più elevati sono associati con l'arricchimento di ossigeno per ridurre l'uso di energia. In questi casi viene ridotta l'emissione del volume e massa del gas.
CO e vapori di metalli	Non emessi	Scrubber ad umido	Per raffreddare e depurare i gas dell'ISF prima di usarli come combustibile
Carbonio organico totale come C	5-15 mg/Nm^3 5-50 mg/Nm^3	Post combustione. Combustione ottimizzata.	Pretrattamento di materiale secondario per rimuovere rivestimenti organici se necessario.
Diossine	< 0,5 ng TEQ/Nm^3	Sistema di rimozione polveri ad alta efficienza (i.e. filtro in tessuto), postcombustione seguita da raffreddamento. Sono disponibili altre tecniche (es.: adsorbimento su carboni attivi, iniezione di carbone e calcare)	

Note: Solo emissioni convogliate.
Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo di esercizio. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento.
Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e della polvere saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema e della corretta temperatura operativa utilizzata.
Per SO_2 o rimozione totale di carbonio, la variazione in concentrazione del gas grezzo durante i processi discontinui, potrebbe influenzare il rendimento del sistema di abbattimento.

Effluenti liquidi

I sistemi di trattamento acque reflue devono essere caratterizzati da elevate capacità di abbattimento degli inquinanti da rimuovere. Per il settore Pb-Zn primario, e con l'eccezione del settore raffinazione, tale risultato è conseguibile solo con impianti di depurazione acque di tipo chimico fisico, munite di unità finale di finissaggio al solfuro di sodio per l'abbattimento costante dei metalli pesanti all'interno dei limiti di legge attualmente in vigore.
Gli impianti trattamento effluenti liquidi installati negli impianti di raffinazione, sono in grado di raggiungere i limiti di legge senza l'installazione della stazione di finissaggio al solfuro di sodio. Tale situazione è determinata dalla qualità (reflui meno concentrati nei metalli pesanti e con una varietà di metalli inferiore rispetto al primario) e quantità dei reflui da depurare per tale tipologia di impianti (normalmente per una raffineria con una capacità produttiva superiore alle 100.000 ton/anno di Pb raffinato in pani è

sufficiente un impianto trattamento acque da 20 m^3/h per circa 8 h/giorno, contro gli impianti da 600-1200 m^3/h nelle 24h richiesti per i primari).

Normalmente la tipologia degli impianti primari e di raffinazione, ha limitate produzioni di correnti liquide contenenti oli, per cui è normalmente possibile confinare le acque oleose a particolari zone dell'impianto, dalle quali viene emesso un refluo depurato dagli oli eventualmente presenti.

Per il conseguimento di una depurazione sistematicamente ottimale, costituisce migliore tecnica disponibile la disponibilità di bacini di accumulo di acque di processo, tali da consentire l'attenuazione di picchi sia di concentrazione che di portata degli effluenti da depurare, consentendo la massima stabilizzazione del trattamento effluenti stesso e la migliore performance da parte di tale tipologia di impianti.

Tabella di potenziali fonti di acque reflue e delle possibilità di utilizzo/trattamento

Unità di processo	Attività/origine	Opzioni di utilizzo/trattamento
Generali	Acque meteoriche di ruscellamento da strade, piazzali, tetti Attività di bagnatura di strade Lavaggio camion	Depurazione /riutilizzo Depurazione acque Depurazione acque
Processi di fusione	Acque di raffreddamento da forni, macchine ed apparecchiature	Riciclo
Granulazione scorie	Impianti di granulazione e raffreddamento scorie in acqua Reflui da elettrofiltri ad umido	Riciclo Depurazione/riutilizzo Depurazione acque
Impianti lavaggio gas	Condensato da raffreddamento gas Reflui da elettrofiltri ad umido	Rimozione del articolato solido ed invio ad impianto depurazione acque
Impianti acido solforico	Perdite Acqua da apparecchiature di raffreddamento	Depurazione acque Riciclo
Impianti Cadmio	Perdite Soluzioni dopo la rimozione del cadmio	Riciclo all'impianto Cd o all'impianto depurazione acque
Stoccaggi materie prime	Acque di ruscellamento superficiale meteoriche, bagnatura cumuli	Depurazione acque
Impianto agglomerazione	Scrubber per raffreddamento sinter	Depurazione acque
Lavaggio gas desolforatore	Lavaggio gas ad umido	Depurazione acque
Forno IS	Lavaggio gas Lavaggio gas riscaldatori coke	Depurazione acque; riciclo Riciclo
Granulazione scorie	Acque reflue da granulazione scorie	Riciclo, depurazione acque

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle emissioni in acqua associate con l'uso delle BAT nel settore Pb-Zn primario.

	Prestazioni conseguibili per le emissioni in acqua (mg/l)				
	Pb	**As**	**Hg**	**Cd**	**Zn**
Refluo depurato	< 0.2	< 0.5	< 0.005	< 0.02	< 0.5
Nota: Le emissioni associate all'acqua sono basate su campione casuale rappresentativo o su un campione composito raccolto nelle 24h. Il limite del trattamento dell'acqua reflua dipende dalla origine dell'acqua e dai metalli in essa contenuti					

Residui di processo

La tematica dei residui di processo ha per il settore Pb-Zn primario, una particolare valenza. I residui di processo cui il settore è interessato sono infatti sia quelli di produzione propria che quelli di ricevimento al fine del loro riutilizzo come materia prima nei cicli di produzione.

I residui decadenti dalle lavorazione del settore Pb-Zn primario, sue leghe e raffinazione derivano principalmente da:

- linee di processo
- utilizzo di apparecchiature/macchinari
- conduzione della attività sia produttiva sia di servizio (impianti ausiliari ed attività di manutenzione).

Tra le principali tipologie di rifiuti prodotti elenchiamo:

Tipologia di rifiuto/residuo	**Destinazione**
Scorie di fusione: • Scorie di fusione da ciclo IS; • Scorie di fusione da ciclo Waelz; • Scorie di fusione da ciclo KSS; • Fanghi da conversione; • Scorie di fusione da forno Humbolt (forno rotativo).	Smaltimento/ recupero
Polveri e/o fanghi da sistemi di abbattimento emissioni convogliate	Smaltimento/ recupero
Fanghi e residui da pulizia di strade e/o piazzali, banchina porto, impianti di colata ed altre sezioni di lavorazione	Recupero
Fanghi da impianto trattamento acque reflue	Recupero
Rivestimenti refrattari dei forni	Recupero
Maniche filtranti	Recupero
Oli e grassi esausti	Smaltimento
Assimilabili agli urbani, comprendenti carta, legno, plastica	Smaltimento
Materiale vario da demolizioni edifici e scavi per realizzazioni nuovi impianti o ristrutturazioni impiantistiche	Smaltimento/ recupero
Rottami ferrosi da demolizioni impianti o ristrutturazioni/manutenzioni impiantistiche	Recupero

Per quanto attiene alla classificazione dei rifiuti prodotti, si riporta quella più comune per la tipologia di rifiuto maggiormente significativa in termini di quantità, le scorie di fusione. Tali materiali possono essere classificati nel modo seguente:

- Scorie di fusione da ciclo IS, rifiuto non pericoloso
- Scorie di fusione da ciclo Waelz, rifiuto non pericoloso
- Scorie di fusione da ciclo KSS, rifiuto pericoloso
- Fanghi da conversione, rifiuto non pericoloso
- Scorie di fusione da forno Humbolt (forno rotativo), rifiuto pericoloso

È onere del produttore procedere alla classificazione del rifiuto. Per una medesima tipologia di processo, le classificazioni dei rifiuti dalla lavorazione, possono differire in base a caratteristiche specifiche dell'impianto, quali l'alimentazione e parametri specifici operativi dell'impianto stesso.

Le scorie da ISF, forni Waelz e forno Kivect normalmente contengono quantità molto basse di metalli che possono essere rilasciate. Tali materiali possono essere considerati idonei per la realizzazione di manufatti.

I residui suddetti sono considerati rifiuti quando, in accordo con la vigente legislazione, sono destinati allo smaltimento finale o in discarica controllata propria o presso impianti di smaltimento di terzi; mentre non sono considerati rifiuti se destinati al recupero/riutilizzo all'interno del medesimo stabilimento in cui sono stati generati.
Il recupero è finalizzato al recupero di materia, sia metallo o silice/calcare, ad esempio, necessari per i processi produttivi in cui tali materiali possono essere impiegati in sostituzione di una materia prima e/o reagente, fondente etc. di origine naturale. L'attività di recupero è normalmente realizzata in base alla percentuale di metallo recuperabile e/o dalla mancanza di componenti inquinanti. A tale fine, al momento di produzione del rifiuto si attua una selezione alla fonte in sottocategorie di rifiuti per poter destinare al recupero la maggior quantità dei suddetti materiali.

Fanno parte del ciclo di lavorazione tutti gli sfridi di metallo e tutti i semilavorati e/o residui costituiti da polveri e/o fanghi captati nel processo, composti contenenti metallo in una forma chimica che ne favorisce il recupero/riciclo in alimentazione agli impianti produttivi, e che pertanto vengono riavviati alle operazioni di fusione per loro riutilizzo.

Lo scopo del riutilizzo come materia prima dei rifiuti e dei flussi di materiali laterali dei processi (semilavorati e recuperi) è quello di massimizzare la resa diretta degli impianti produttivi, favorendo l'integrazione spinta di vari processi presenti nel singolo stabilimento produttivo, minimizzando al tempo stesso le quantità di materiale/rifiuto che altrimenti dovrebbe essere avviato a smaltimento finale in discarica controllata o in impianto di termodistruzione. La maggior parte dei residui decadenti dalle attività metallurgiche possono essere riutilizzati all'interno dei cicli di produzione da cui derivano, conseguendo in modo efficace il ciclo virtuoso della produzione dei metalli (Life Cycle Assessment, LCA).
In particolare la possibilità di alimentare gli impianti produttivi con materiali di recupero provenienti anche da altri settori produttivi, consente di realizzare efficacemente la minimizzazione dei rifiuti da inviare ad impianti di discarica e di

ridurre sensibilmente le quantità di materie prime di origine naturale da alimentare agli impianti produttivi, con evidenti vantaggi di tipo ambientale.

Nella tabella seguente si riporta un quadro di sintesi dei prodotti intermedi, sottoprodotti e residui dalla produzione del settore Pb-Zn-Cd-Hg

Fase del processo produttivo	**Prodotto o residuo**	**Utilizzo/trattamento**
Produzione Zn elettrolitico		
Impianto Arrostimento e acido solforico	Acido solforico Vapore Mercurio metallico Melme anodiche	Vendita Produzione EE Vendita Smaltimento controllato o riciclo al desolforatore
Impianto Lisciviazione	Residuo di lisciviazione neutra Goethite o Jarosite Fanghi di conversione Fanghi Pb-g	All'ISF, o ad impianto Waelz o a lisciviazione acida a caldo Smaltimento controllato/riciclo al Waelz Smaltimento controllato Riciclo ad impianto Kivcet per recupero Ag
Purificazione	Cadmio Cementi Cu	Vendita Vendita
Trattamento acque reflue	Fanghi	Smaltimento controllato o riciclo a smelter Pb-Zn (ISP / Waelz)
ISP		
Impianto Agglomerazione / impianto acido solforico	Fanghi acidi Hg metallico Polveri da ESP Acido solforico	Smaltimento controllato/riciclo agli impianti produttivi Vendita, Ad impianto cadmio Vendita
Impianto cadmio	Cadmio metallo Residuo di lisciviazione Soluzione scadmiata	Vendita All'impianto agglomerazione All'impianto agglomerazione
Imperial Smelting Furnace	Scoria ISF	Smaltimento in discarica controllata, riutilizzo come carica incrostante o per la produzione di manufatti
Impianto trattamento acque	Fanghi	Riciclo all'impianto agglomerazione/smaltimento controllato
Kivcet		
Forno	Scoria Ossidi Zn-Pb Vapore Metallina	Smaltimento in discarica controllata, riutilizzo come carica incrostante o per la produzione di manufatti Riciclo agli impianti produttivi (Waelz) Alle utenze Alla vendita

	Piombo metallo Schiume cuprifere (copper drosses)	Alla raffinazione per la vendita Al riutilizzo
Impianto acido solforico	Acido solforico	Vendita
Impianto trattamento acque	Fanghi	Riciclo a smelter/ smaltimento controllato
Waelz		
Forno	Ossido Waelz Scoria Waelz	Utilizzo/vendita Smaltimento in discarica controllata, riutilizzo come carica incrostante o per la produzione di manufatti

Monitoraggio

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;

- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

EMISSIONI ATMOSFERICHE CONVOGLIATE

Parametri emissioni in aria		Unità di misura	Frequenza
NO_X		mg/Nm^3	6÷12 mesi
SO_X		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Polveri		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Metalli nelle polveri: Zn Pb, Cd		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Diossine		ng/Nm^3	vedi note a seguire

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

SCARICHI IDRICI

Parametri emissioni in acqua	Unità di misura	Frequenza
Materiali grossolani		1÷3 mesi
Colore		1÷3 mesi
pH		1÷3 mesi
Temperatura	°C	1÷3 mesi
Metalli tipici della produzione (es.: Pb, Zn, Cd, Cu, As, Hg)	mg/l	1÷3 mesi
Parametri della tabella 3 all. 5 del D Lgs 152/99		
BOD 5	mg/l	1÷3 mesi

COD	mg/l	1÷3 mesi
Solidi sospesi totali	mg/l	1÷3 mesi
Ferro	mg/l	1÷3 mesi
Cloruri	mg/l	1÷3 mesi
Solfati espressi come SO_4	mg/l	1÷3 mesi
Altri parametri previsti dal decreto legislativo 152/99 e dalla lista EPER, di cui sia ammissibile riscontrare la presenza	mg/l	3÷12 mesi
Metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale		

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

MONITORAGGIO DEI RIFIUTI

I residui decadenti dalle lavorazione del Pb-Zn primario, sue leghe e raffinazione derivano principalmente da:

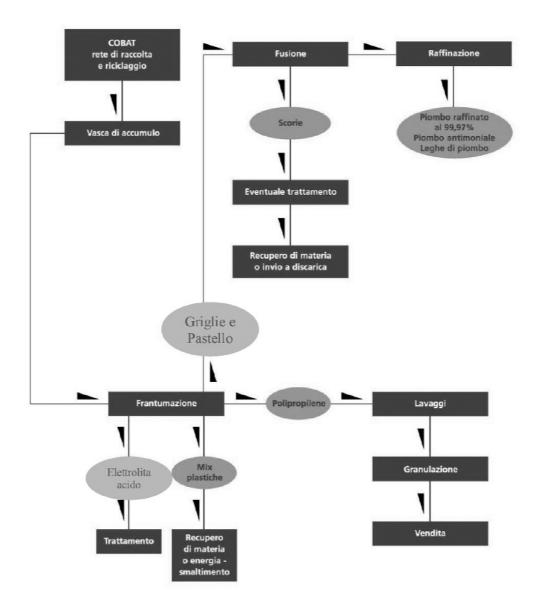
- linee di processo;
- utilizzo di apparecchiature/macchinari e conduzione della attività sia produttiva sia di servizio (impianti ausiliari ed attività di manutenzione).

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

PRODUZIONE DI PIOMBO SECONDARIO

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Lo schema di flusso sotto riportato illustra le principali fasi che compongono il processo di trasformazione delle batterie esauste per la produzione di piombo secondario.

Il sistema industriale degli impianti nazionali utilizza un processo piro – metallurgico molto diffuso a livello mondiale nel settore specifico del riciclaggio dei rottami di batterie. Sommariamente, il processo si basa sulla riduzione ad alta temperatura dei composti del piombo, ossidi e solfati, ad opera di riducenti classici quali il carbone o il coke.
L'impianto può essere schematizzato in tre macrofasi, di seguito descritte in dettaglio.

- Macinazione con selezione, separazione e stoccaggio dei diversi componenti della batteria;
- Riduzione – fusione, con produzione del cosiddetto "piombo d'opera";
- Raffinazione e lingottatura.

Selezione, macinazione e separazione dei componenti

Le batterie esauste, giunte agli stabilimenti di riciclaggio, vengono scaricate dagli automezzi di trasporto su un'area adibita ad una prima selezione e controllo del carico. Tale fase è volta a verificarne la rispondenza ai requisiti ambientali e di sicurezza ed a rimuoverne eventuali materiali non conformi[1].
Le batterie vengono quindi movimentate per facilitare gli sversamenti dell'acido ancora contenuto. Questo avviene in zone con un'adeguata pendenza o, in alternativa, in vere e proprie vasche, isolate con cemento antiacido e dotate di canalette di raccolta. Mediante tramoggia sono quindi avviate ai mulini di frantumazione dove, previa deferrizzazione, sono macinate, permettendo così la successiva separazione dei vari componenti della batteria esausta.
E' da ricordare che le batterie esauste vengono consegnate dal sistema di raccolta gestito dal Cobat (Consorzio Obbligatorio delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi; istituito dalla legge n. 475/88, articolo 9 quinques), agli impianti consortili nazionali, con il loro contenuto di acido. Il Cobat infatti incentiva i raccoglitori ad evitare che in tutte le operazioni precedenti la consegna delle batterie rottamate l'acido venga disperso. Questo qualifica ulteriormente l'attenzione per l'ambiente del sistema italiano che, nello specifico, comporta un aggravio dei costi per il trattamento dell'acido per i riciclatori nazionali.
Sul mercato europeo infatti le batterie sono valorizzate sul loro peso secco scoraggiando di fatto il raccoglitore dall'evitare che l'acido venga disperso prima della consegna.
Al termine dalla fase descritta, si ottengono: pastello, griglie e poli, polipropilene e mix plastico.
Il pastello, in forma di fango, viene recuperato mediante vagliatura e successiva filtropressatura. L'abituale contenuto in piombo di circa il 70% su secco, viene normalmente recuperato con trattamento di ossi-riduzione in forni fusori rotativi.
Le griglie e i poli vengono caricati nei forni di fusione.
Il polipropilene, in uscita dal separatore, viene prelevato per mezzo di coclee ed inviato alla macinazione per la riduzione in pezzatura fine.
Del mix plastico, una parte, lavata, pulita e depurata da materiali residui, viene venduta come prodotto ai costruttori di materiali plastici mentre la restante, costituita in massima parte da polietilene, è inviata a recupero o a discarica. L'acido solforico è convogliato in una vasca di raccolta ed inviato al trattamento.

[1] Per materiali non conformi si intendono altre tipologie di accumulatori, rottami ferrosi, rifiuti vari.

Le varie fasi del ciclo descritto possiedono un certo grado d'automazione, secondo il quale ogni macchina può essere comandata in modo locale (per mezzo di pulsantiera) o remoto (tramite comando a video gestito da un operatore situato in cabina di comando).
La presenza dell'operatore è, ad ogni modo, necessaria poiché la variabilità delle caratteristiche dei materiali trattati implica degli interventi sui parametri standard del ciclo.

Fusione e riduzione dei componenti metalliferi

Il pastello, le parti metalliche in piombo, insieme ad altri rifiuti piombosi anche provenienti da cicli interni di lavorazione, sono dosati e miscelati con i composti riducenti quali: carbone, ferro e carbonato sodico.
La carica premiscelata viene trasportata in opportuni contenitori atti ad essere introdotti dentro il forno rotativo. Le varie fasi sono condotte in modo tale da evitare al massimo il rilascio di gas e fumi all'interno dello stabilimento, consentendo il raggiungimento dei severi limiti imposti dalle normative di qualità dell'aria.
Dal forno di fusione e riduzione vengono estratti in sequenza il piombo e la scoria; l'estrazione avviene da un opportuno foro di colata posto sulla mezzeria del forno.
I processi che avvengono in questa fase possono essere sintetizzati in:

- riduzione degli ossidi e solfati di piombo tramite carbone;
- liberazione del piombo, presente in forma di solfato, mediante l'utilizzo di carbonato sodico e ferro.

Le temperature di esercizio per questa fase sono superiori ai 1100 °C in funzione delle particolari condizioni d'esercizio.

Raffinazione e lingottatura

Il piombo, spillato dal forno alla temperatura di circa 900° C, come "piombo d'opera", deve essere raffinato per raggiungere il grado di purezza voluto, o altrimenti alligato secondo la qualità richiesta dai vari committenti.
A tal fine, il processo si svolge secondo le seguenti fasi.

- Rimozione degli ossidi superficiali;
- Decuprazione per la totale o controllata eliminazione del rame;
- Destagnazione, per la rimozione totale o parziale dello stagno;
- Disantimonizzazione per la rimozione totale o parziale dell'antimonio;
- Alligazione per l'aggiunta controllata di elementi metallici necessari per ottenere la lega prescelta.

Dopo aver superato il controllo della composizione chimica, la lega viene colata negli stampi dei pani di piombo sia meccanicamente, attraverso una lingottatrice, sia manualmente. Anche la fase di raffinazione è dotata di cappe di aspirazione dei fumi generati durante le operazioni di raffinazione, che vengono depurati prima di essere immessi in atmosfera.

Il bilancio ambientale degli impianti di riciclaggio

I dati necessari alla redazione del bilancio ambientale relativo all'esercizio 2002 sono stati elaborati mediante il coinvolgimento diretto di tutti gli stabilimenti consorziati. Ciascuno provvede ad effettuare un continuo monitoraggio dei principali flussi in entrata e in uscita dal sito mediante opportune rilevazioni strumentali, che consentono di valutare la prestazione ambientale ottenuta e definire nuovi obiettivi di miglioramento in linea con quanto previsto dai sistemi di gestione ambientale.
La tabella successiva riporta il bilancio di materia e di energia relativo al complesso degli stabilimenti aderenti al COBAT nell'anno 2002. Tutti i dati relativi ai flussi in entrata ed in uscita sono stati quantificati per singolo impianto e successivamente aggregati nello schema che segue.

Input	
Batterie (t)	187.443
Altri input (t)	46.800
Consumi energetici (GJ)	773.059
Consumi idrici (m^3)	202.180

Materiali di processo*
*non quantificati

Prodotti e coprodotti (t)	
Piombo e leghe	121.690
Pastello	33.466
Polipropilene	8.750
Emissioni in atmosfera (t)	
Emissioni SO_2	966
Emissioni NO_x	145
Emissioni CO	0,50
Emissioni CO_2	59.637
Emissioni PST	12,9
Emissioni Pb	5,9
Emissioni in acqua (m^3)	
Scarichi idrici (m^3)	146.180
Evaporazione umidità residua (m^3)	+ 56.000
Rifiuti (t)	
Pericolosi	42.863
Non pericolosi	6.028
Rumore (Db)	
Diurni	<70
Notturni	<60

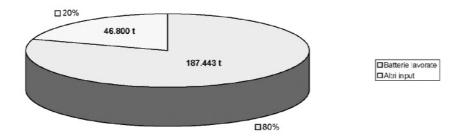
Per ogni voce di input e di output sono stati calcolati gli indici per unità di peso di batteria lavorata l'omogeneità dei dati a disposizione consente, sia di ottenere un quadro completo dell'intera attività del Consorzio, e quindi di confrontare le performance realizzate nelle fasi di raccolta, trasporto e riciclaggio delle batterie, sia di verificare i

valori ottenuti con le performance realizzate nell'anno precedente e pertanto valutare l'efficienza del sistema consortile nel raggiungere gli obiettivi prefissati.

Input ed output di produzione

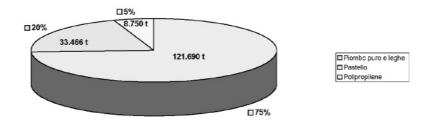
Rispetto all'esercizio 2002, le quantità lavorate sono rimaste pressoché costanti, pari a circa 234.000 tonnellate. L'80% dei materiali in ingresso è costituito da batterie esauste mentre il restante 20% è rappresentato da altri rifiuti piombosi. Le rese in piombo medie dalle batterie e dai rifiuti metallici sono state, rispettivamente, di circa il 55% e l'87%.

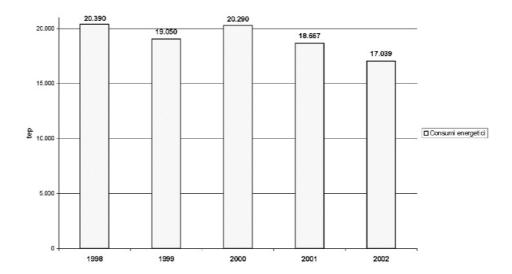
Input di produzione

Complessivamente sono state prodotte nell'anno 121.690 tonnellate di piombo e leghe

di piombo, ed oltre 33.000 tonnellate di pastello che non è stato trattato presso gli impianti consortili ma ceduto all' impianto di produzione di piombo primario a Portovesme.

L'altro coprodotto di lavorazione, il polipropilene, ha trovato impiego presso le aziende produttrici di materiali plastici.

L'81% del piombo e delle leghe di piombo ottenuti è stato mediamente reimpiegato nell'industria delle batterie per la produzione di nuovi accumulatori.

Output di produzione

Consumi energetici

I principali consumi di energia, nei processi di produzione di piombo secondario, sono legati all'alimentazione dei forni di fusione e degli altri impianti, al riscaldamento degli ambienti di lavoro, oltre all'illuminazione dei locali ed al riscaldamento dell'acqua per usi sanitari.
Le due fonti energetiche principalmente utilizzate, per il recupero del piombo contenuto nei vari materiali trattati (rottami di batterie ed altri rifiuti piombosi), sono metano ed energia elettrica. Nel 2002 gli impianti consorziati hanno consumato circa 17.000 tep, con un risparmio del 9% rispetto all'anno precedente. Tale risparmio è riscontrabile mediamente su tutti gli impianti consortili. In primis è dovuto alla maggiore attenzione degli operatori verso la riduzione dei costi, al rifacimento ed ammodernamento di alcune linee, ed infine alla messa a regime dell'ultimo impianto consortile entrato in produzione.

Oltre agli indicatori presentati nel grafico precedente, sono stati calcolati gli indici di intensità energetica, con riferimento, sia alle batterie in ingresso agli stabilimenti, sia al piombo in uscita.
Gli indici sono espressi in MegaJoule (e cioè in energia) per unità di peso di batteria lavorata e di piombo prodotto, utilizzando il seguente rapporto di conversione rispetto alle tonnellate equivalenti di petrolio: 1 tep= 45.370 MJ.
Come si nota dalla tabella successiva, l'andamento che si osserva è caratterizzato da una progressiva riduzione nel tempo dell'energia consumata in termini unitari.

MJ/kg di batteria lavorata					**MJ/kg di piombo prodotto**				
2002	2001	2000	1999	1998	2002	2001	2000	1999	1998
4,1	4,6	5,0	5,1	5,4	6,4	6,9	7,8	8,0	8,2

Emissioni atmosferiche

Le principali emissioni atmosferiche monitorate sono quelle caratteristiche di processi di combustione più quelle di piombo. I valori sono controllati mediante misura delle emissioni convogliate nei camini degli impianti.
La tabella seguente riporta i valori relativi all'ultimo anno, posti a confronto con quelli rilevati negli esercizi precedenti. Come già effettuato per i consumi energetici, i dati sono riportati, sia in valore assoluto (tonnellate/anno), sia per unità di peso di batteria lavorata.

	t/anno					g/kg batteria				
Inquinanti	2002	2001	2000	1999	1998	2002	2001	2000	1999	1998
SO_2	966	1.150	1.250	1.175	1.182	5,15	6,30	6,79	6,95	6,95
NO_x	145	460	500	468	473	0,77	2,52	2,71	2,77	2,78
CO	0,50	0,50	0,55	0,52	0,51	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
CO_2	59.637	63.919	69.477	65.200	64.600	318	350	377	385	380
PST	12,9	13,6	14,8	14,1	14,2	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
Pb	5,9	6,8	7,4	7,1	7,1	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04

Dall'analisi della tabella emerge quanto segue.

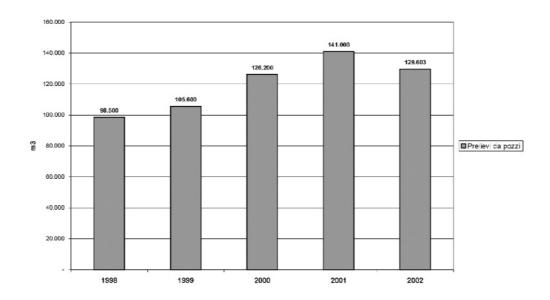
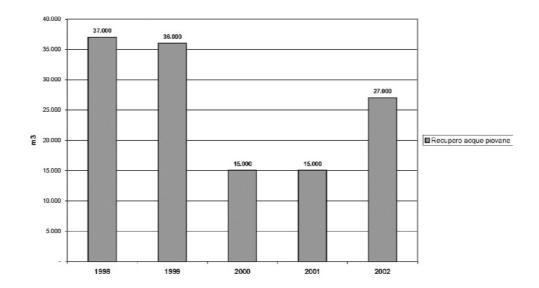
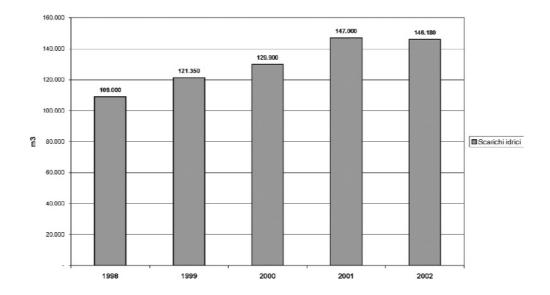
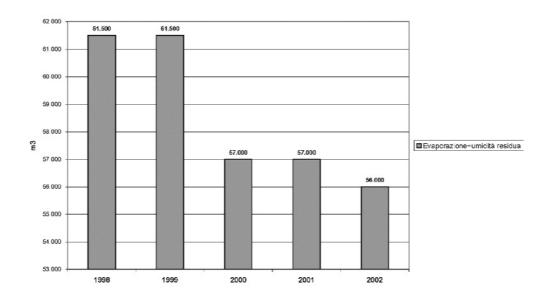
- una sostanziale riduzione del diossido di zolfo (SO_2), che ha raggiunto un valore inferiore del 19% rispetto al 2001. Tale risultato è stato possibile grazie all'avvio presso due impianti consortili del processo di carbonatazione del pastello solfato. Con tale processo il pastello solfato ($PBSO_4$) si trasforma in carbonato di piombo ($PbCO_3$) consentendo una sostanziale riduzione delle emissioni al camino degli ossidi di zolfo;
- una diminuzione ancor più significativa degli ossidi di azoto (NO_x), che sono meno di un terzo rispetto all'anno precedente;
- una riduzione del 7% del diossido di carbonio (CO_2) rispetto ai valori raggiunti nel 2001, determinata da una maggiore efficienza dei bruciatori in uso e dal minore utilizzo del carbonio nella carica di fusione, grazie anche al sopra menzionato impianto di carbonatazione avviato presso due impianti;
- una riduzione del particolato sospeso, ottenuta grazie alle modifiche degli impianti di captazione polveri.

Bilancio idrico

I grafici che seguono illustrano le diverse fonti di approvvigionamento idrico a cui fanno mediamente ricorso gli stabilimenti consorziati. La parte più consistente dei consumi complessivi è rappresentata da prelievi dai pozzi. Nel 2002 sono stati il 64% degli approvvigionamenti idrici totali (circa 130.000 metri cubi). Ciò nonostante, tali quantità sono diminuite dell'8% rispetto all'anno precedente. E' tornato infatti a crescere il volume delle acque piovane recuperate ed utilizzate nel processo produttivo e questo principalmente da parte di uno degli impianti consorziati che a tale problematica ha riservato particolare attenzione.
L'indice di consumo idrico nel 2002 è stato di 1,08 l/kg di batteria in ingresso, con un decremento del 4% rispetto all' anno precedente.

La risorsa idrica trova principale impiego per il raffreddamento dei gas di scarico dei forni. Una quota residua viene utilizzata acqua di processo, per il lavaggio dei piazzali e degli impianti e per usi sanitari.

160.000
140.000
120.000
100.000
80.000
60.000
40.000
20.000
-
m3
109.000
121.350
129.900
147.000
146.180
1998
1999
2000
2001
2002
Scarichi idrici

62 000
61 000
60 000
59 000
58 000
57 000
56 000
55 000
54 000
53 000
m3
61.500
61.500
57.000
57.000
56.000
1998
1999
2000
2001
2002
Evaporazione+umicità residua

Rifiuti e coprodotti

Dalla trasformazione delle batterie e degli altri rifiuti piombosi si ottengono i seguenti sottoprodotti.

- Acido solforico
- Scorie di lavorazione
- Componenti plastiche

Alcuni di questi componenti possono essere riutilizzati, sia durante lo stesso processo di trasformazione delle batterie, sia in altri processi industriali. Le parti non valorizzabili, costituite essenzialmente da scorie di lavorazione e da plastiche di scarso valore utilizzate per i separatori interni dell'accumulatore, devono essere invece adeguatamente smaltite in discariche autorizzate. A seguire, sono pertanto illustrati i quantitativi di rifiuti e coprodotti in uscita dagli stabilimenti nel 2002, i principali trattamenti ai quali sono stati sottoposti e le rispettive destinazioni finali.

<u>L'acido solforico</u>

Tutte le batterie esauste recuperate sul territorio dai raccoglitori incaricati COBAT vengono conferite agli impianti consortili nazionali con il loro contenuto di acido. Il COBAT, infatti, incentiva i raccoglitori ad evitare che in tutte le operazioni precedenti alla consegna delle batterie da riciclare, la parte mobile dell'elettrolita acido contenuto negli accumulatori venga dispersa, con evidenti benefici dal punto di vista ambientale.

Le batterie esauste in ingresso agli stabilimenti, prima di essere immesse nel ciclo produttivo, devono essere sgocciolate dell'acido libero presente nei mezzi di trasporto. Vengono successivamente schiacciate tramite mezzo meccanico per liberare l'acido ancora contenuto al loro interno. L'acido solforico percolato dalle batterie viene quindi raccolto in appositi serbatoi e può subire diverse destinazioni:

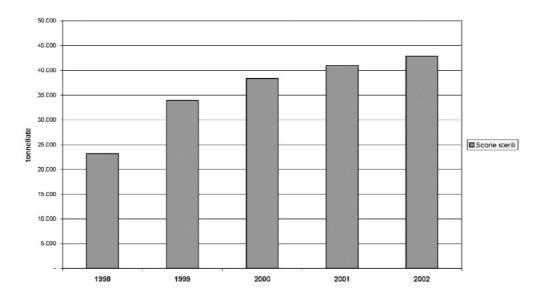
- utilizzo nel ciclo di carbonatazione per la correzione del pH delle soluzioni inviate al cristallizzatore;
- neutralizzazione e successivo conferimento a terzi autorizzati;
- vendita;
- neutralizzazione con latte di calce, ulteriore trattamento e riutilizzo interno.

Con riferimento alle sole quantità smaltite, che quindi non hanno trovato altri impieghi produttivi, nel 2002 queste sono state 2.202 tonnellate, corrispondenti soltanto al 5% dell'intero contenuto di acido nelle batterie trattate.

<u>Le scorie di lavorazione</u>

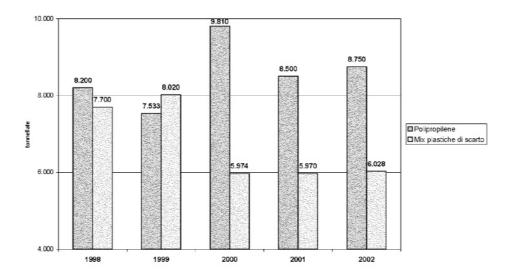
Grazie alla costante attenzione alle innovazioni tecnologiche ed all'adozione di migliorie impiantistiche, gli stabilimenti consorziati si sono sempre contraddistinti per il rispetto di elevati standard di efficienza ambientale. In particolare, come già accennato precedentemente, sono stati realizzati sistemi di frantumazione delle scorie provenienti dai forni rotativi per il recupero di parte del piombo in esse contenuto. Questi impianti, oltre ad ottenere una migliore resa produttiva, consentono di ridurre il piombo contenuto nelle scorie. Tali rifiuti, catalogati come pericolosi, devono essere infatti conferiti presso discariche autorizzate. Data la loro natura, le scorie sono sottoposte a controlli analitici presso laboratori specializzati prima dell'invio a discarica.

Nel 2002 tali rifiuti sono stati pari a 42.863 tonnellate con un incremento del 5% rispetto all'anno precedente.

Il grafico successivo mostra l'andamento delle quantità smaltite dal 1998 al 2002. E' opportuno ricordare che le quantità di rifiuti avviati a discarica in un anno non trova una diretta correlazione con le batterie lavorate nello stesso periodo di riferimento a causa degli stoccaggi, che determinano uno slittamento temporale del momento dello smaltimento rispetto a quello dell'effettiva produzione del rifiuto.

I materiali plastici

I materiali plastici che compongono un accumulatore sono costituiti essenzialmente da polipropilene, un polimero utilizzato in numerose applicazioni industriali che, grazie alle sue caratteristiche di lavorabilità, può essere facilmente reimpiegato in altri cicli di lavorazione e viene pertanto destinato alla vendita;
Un mix costituto da plastiche di scarso valore commerciale, utilizzate per i separatori interni della batteria, le quali sono necessariamente inviate a discarica.
Il problema dello smaltimento delle plastiche, che rappresenta un onere gravoso per gli impianti di riciclaggio, seppur lentamente, sta tuttavia trovando una progressiva soluzione per effetto del sempre minore contenuto plastico delle batterie di nuova generazione, che riduce le quantità da inviare a discarica.
La tabella seguente riporta il contenuto di materiale plastico nelle batterie trattate dagli stabilimenti consorziati. Si può già notare una riduzione di un punto e mezzo percentuale nel quinquennio 1998-2002, che si traduce in oltre 1.000 tonnellate di materiale plastico in meno da smaltire. Questo risultato è ancora più importante se si osserva l'evoluzione delle plastiche impiegate nella produzione delle batterie, in cui trova sempre maggiore impiego il polipropilene mentre si riduce sensibilmente l'uso del PVC, particolarmente problematico in fase di riciclaggio per il rischio di sviluppo di diossina, e di altri materiali nocivi. Ulteriori miglioramenti in questo senso sono previsti mano a mano che le nuove batterie poste in circolazione giungeranno a fine vita.

1998	1999	2000	2001	2002
9,35%	9,19%	8,57%	7,93%	7,88%

A queste importanti considerazioni, si deve aggiungere il beneficio in termini ambientali ed economici derivante dalla sempre più accurata selezione dei materiali in ingresso agli stabilimenti di riciclaggio ed al potenziamento dei sistemi di separazione delle plastiche, che consentono al contempo una riduzione del mix destinato alla discarica ed un ulteriore recupero del piombo presente.
Anche in questo caso, l'andamento apparentemente discontinuo che si riscontra a cavallo del periodo 1999-2001 è da attribuire agli stoccaggi del materiale prima del conferimento alle destinazioni finali.

Rumore
Le emissioni sonore diurne e notturne si mantengono solitamente al di sotto dei limiti previsti dalla legge. Tutti gli insediamenti, inoltre, sorgono in aree esclusivamente industriali, distanti pertanto dal centro abitato.

Db emessi	Leq (A)	Leq (A) limite
Diurno (h 6/22)	< 70	70
Notturno (h 22/6)	< 60	70

Ambiente, salute e sicurezza negli impianti

L'attività di riciclaggio delle batterie piombo-acido esauste, comporta l'impiego di procedimenti e di tecnologie in grado di ridurre la loro pericolosità e non solo nell'ambiente di lavoro. Per tale motivo, l'attenzione verso le migliori tecniche disponibili ha rappresentato, negli anni, la principale preoccupazione degli impianti consortili. Il rispetto delle sempre più severe normative ambientali ha comportato ingenti investimenti, sia nel campo della prevenzione, che delle migliorie impiantistiche.
La tabella seguente sintetizza i principali dispositivi di controllo e le infrastrutture ambientali presenti presso gli stabilimenti produttivi. Ovviamente, ciascuno presenta proprie peculiarità derivanti dagli adeguamenti tecnico-impiantistici necessari per rispondere alle specifiche esigenze produttive. Conseguentemente, a seguire sono riportati soltanto i principali dispositivi adottati negli stabilimenti per garantire lo svolgimento delle operazioni di lavoro nel pieno rispetto dei vincoli di natura ambientale e della salute degli operatori.

Principali dispositivi ambientali	Descrizione
Sistemi di abbattimento polveri e fumi	Impianti di filtrazione e di raffreddamento dei fumi provenienti dai forni Impianti di filtrazione gas di raffinazione Impianti di abbattimento polveri zona frantumazione
Trattamento effluenti liquidi	Raccolta dell'acido solforico e delle acque di processo Riciclo degli effluenti liquidi di processo
Sistema di smaltimento rifiuti	Sezione trattamento rifiuti plastici per il recupero del piombo metallico e del polipropilene contenuto Stoccaggi di scorie e materiali esclusivamente su pavimentazione cementata e protetti
Sistema di pulizie industriali interne	L'attenzione al mantenimento di un elevato standard igienico dei locali di lavoro è volta a ridurre al minimo la dispersione di piombo nell'aria e si traduce in una costante pulizia degli ambienti, nell'utilizzo di impianti di aspirazione nei locali produttivi ed in una rigida separazione dei luoghi di ricreazione dagli ambienti di lavoro.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

Ricevimento, stoccaggio, movimentazioni delle materie prime

Le batterie piombo-acido esauste costituiscono la larga parte delle materie prime utilizzate
dal settore, rappresentando mediamente l'80 % di quanto viene alimentato agli impianti di riciclo. Altri materiali sono i rottami di piombo metallo, sfridi, scorie o altri rifiuti piombosi con percentuali tra loro flessibili in ragione delle disponibilità del mercato.

I rottami di batterie, sono consegnati alla rinfusa, su pallets o contenitori, con mezzi a tenuta stagna. Alcune tipologie di altri rifiuti piombosi, con possibilità di rilascio di polveri, dovranno essere per lo più ricevuti in contenitori a tenute.

La possibile produzione di polveri nel corso delle varie movimentazioni dei materiali e delle fasi di frantumazione delle batterie potrà rendere necessario l'impiego di sistemi di abbattimento con spray di acqua. Nel caso dovrà essere previsto il trattamento di tali acque prima della loro evacuazione.

Le fasi di frantumazione e macinazione dovranno prevedere adatti sistemi di abbattimento e raccolta delle polveri che dovranno essere stoccate e movimentate evitando che in tali fasi si generino altre polveri. Tali materiali potranno essere miscelate o agglomerate per essere reimmesse nel ciclo produttivo del metallo.

Lo stadio di pre-trattamento è usato per frantumare i contenitori di batterie e procedere alla separazione delle parti recuperabili (piombo metallo, pastello (ossidi e solfato di piombo), plastiche e acido).

Si dovrà tener conto dell'acido residuo contenuto nelle batterie esauste sia nelle fasi di stoccaggio che di movimentazione; altrettanto dei fanghi che potranno formarsi nel corso di tali operazioni.

L'acido dovrà essere recuperato e stoccato in appositi contenitori resistenti agli attacchi acidi. Il trattamento della soluzione acida ricavato dipenderà dalle possibilità di trattamento in impianto, la sua neutralizzazione o il recupero.

Lo stoccaggio delle materie prime, dei prodotti intermedi e dei rifiuti dovrà prevedere ambienti protetti.

Tali fasi del ciclo sono schematizzate come segue:

Materiale/ Materie prime	**Stoccaggio**	**Movimentazione**	**Pre - trattamento**
Polveri fini	Contenute in luoghi chiusi.	Nastri trasportatori chiusi o contenitori chiusi	
Polveri grosse (Scorie granulate e di pezzatura)	Stalli coperti	Con pale meccaniche	
Rottami vari	Stalli coperti o all'aperto	Con pale meccaniche	
Batterie piombo-acido	Stoccaggi resistenti agli attacchi acidi	Con pale meccaniche, gru con benne, nastri.	Macinazione delle batterie tal-quali e rimozione delle plastiche
Prodotti e rifiuti			
Acidi : Acidi rifiuti Acidi prodotti	 Stoccaggi resistenti agli agli attacchi acidi Stoccaggi resistenti agli acidi		 Riuso nel processo o Neutralizzazione e o recupero. Vendita
Prodotti: Piombo e sue leghe in formati commerciali Pastello Solfato sodico Polipropilene e/o plastiche varie	 All'aperto o coperto su pavimenti cementati In stalli al coperto In silos In silos, al coperto o all'aperto in stalli	 Mezzi meccanici Mezzi meccanici Mezzi meccanici Mezzi meccanici	 Vendita Vendita Vendita Vendita
Residui di processo destinati al recupero interno Rifiuti per	Al coperto o in stalli chiusi a seconda della tipologia. Al coperto o in	Mezzi meccanici, secondo le situazioni	

discarica	stalli chiusi a seconda delle tipologie		

Recupero del piombo dai rottami di batterie e rifiuti piombosi.

Per la produzione di piombo secondario da rottami di batterie e rifiuti piombosi, varie tecniche sono elencate tra le BAT e tra questi quella dei i forni rotativi - tecnica prevalentemente usata in Italia.

Di seguito si elencano le principali con i relativi commenti.

Tecnica applicata	**Materie prime**	**Commenti**
Forni elettrici ad arco	Materiali con contenuti di rame e piombo	Forni sigillati con basse emissioni di gas
ISA Smelt	Materiali secondari ad alto contenuto metallico	Problematico il trattamento delle scorie
Forni rotativi	Materiali secondari	Processo che offre grande flessibilità per varie tipologie di materiali.
Forni ad aria	Materiali secondari.	Alta efficienza energetica. Richiede livelli alti di controlli, post combustori, abbattimento e recupero delle emissioni.
Forni a crogiuolo	Rottami di piombo puliti ed ad alto contenuto	Necessità di controllo sulle temperature delle caldaie.

Nei forni rotativi le parti metalliche in piombo, il pastello, insieme ad altri rifiuti piombosi anche provenienti da cicli interni di lavorazione sono dosati e miscelati con composti riducenti e lussanti. In particolare, il pastello se precedentemente carbonatato, riduce notevolmente la quantità di scorie prodotte e l'emissione di So2 nell'aria. La carica pre-miscelata viene trasporta con opportuni mezzi adatti alla carica diretta dei forni. Le varie fasi sono condotte in modo da evitare al massimo il rilascio di gas all'interno degli ambienti di lavoro mantenendo nei limiti normativi il livello delle emissioni.

I forni rotativi utilizzano bruciatori alimentati da combustibili gassosi arricchiti ad ossigeno.

Sinteticamente nelle fasi di fusione, avviene la riduzione degli ossidi e solfati di piombo tramite il carbone contenuto nella miscela di carica; la liberazione del piombo, sotto forma di solfato, con l'utilizzo del carbonato sodico e del ferro. La temperatura di esercizio per questa fase sono mediamente superiori ai 1.100 gradi. La scoria ed il

piombo metallo sono estratti separatamente. Il piombo colato in stampi e le scorie in conchiglie

Raffinazione e lingottatura

Il piombo spillato dal forno, detto anche piombo grezzo, viene raffinato per raggiungere il grado di purezza voluto. Questa fase tende a rimuovere le impurezze a secondo delle tipologie di prodotti da ottenere. La raffinazione avviene con processi termici passando il materiale in varie caldaie dalle quali vengono progressivamente eliminate le impurezze. Il piombo raffinato viene colato nelle forme usualmente commercializzate sotto forma di piombo puro o piombo in leghe con altri metalli.
Le schiumature ottenute nel processo di raffinazione vengono riciclate nei forni rotativi.

Recupero dei gas e abbattimento delle polveri

Il sistema di raccolta dei fumi deve essere progettato per evitare perdite ed emissioni diffuse.

Tecniche BAT per il trattamento dei gas e dei fumi sono quelle che impiegano raffreddamento con o senza recupero di calore prima dei filtri a tessuto. I filtri utilizzati devono essere fatti con materiali di alta resistenza, di buona manifattura e manutenzione.

Nei vari stadi di processo il loro uso viene riassunto schematicamente come segue:

Stadio del processo	**Composti dei gas di emissione**	**Tecniche possibili di abbattimento**
Movimentazioni delle materie prime	Polveri metalliche	Corretto stoccaggio Convogliamento delle polveri con filtri a tessuto
Pre-trattamento dei rottami di batterie.	Polveri metalliche	Corretto pre-trattamento e convogliamento delle polveri con filtri abbattimento ad umido o a tessuto.
Fusione di materiali piombiferi	Polveri metalliche e sostanze organiche SO_2 (1)	Attività di processo. Convogliamento delle polveri ai filtri a tessuto Abbattimento alcalino e filtri a manica
Raffinazione termica, fusione, alligazione, colata.	Polveri metalliche	Attività di processo. Convogliamnento delle polveri, ai filtri a tessuto
(1) potrebbe essere presente nel pastello delle batterie		

Emissioni in aria

Le emissioni in aria comprendono quelle convogliate / abbattute così come generate nei vari stadi di processo. Anche le emissioni diffuse /fuggitive, hanno una incidenza rilevante e dovranno essere monitorate in funzione dei sistemi di captazione tenendo comunque presente che allo stato attuale non esiste un sistema consolidato per la loro valutazione. Sistemi moderni e ben gestiti possono ridurre di molto le quantità di inquinanti emessi specialmente per quelle fuggitive che risultano rappresentare una larga percentuale sul totale delle emissioni.
La tabella che segue riporta schematicamente per tipologia di inquinante i livelli e le tecnologie di settore utilizzabili.

Inquinante	**Migliori prestazioni con l'uso di BAT (1)**	**Migliori prestazioni attuali riscontrabili mediamente nel settore**	**Tecniche che possono essere usate per il raggiungimenti di tali livelli**	**Commenti**
Polveri	1-5 mg/Nm^3	< 7 mg/Nm3 (limiti dpr 203/88 10mg/Nm3)	Filtri a tessuto	Filtri a tessuto ad alta efficienza per raggiungere bassi livelli di metalli pesanti nelle emissioni.
SO_2	< 50 – 200 mg/Nm^3	< 300 mg/Nm3 (limiti dpr 203/88 10mg/Nm3)	Abbattimenti alcalini e filtri a tessuto	L'abbattimento dello zolfo nei materiali di carica ai forni (pastello).
NO_X	100-300 mg/Nm^3		Bruciatori a basso NOx Bruciatori metano Ossigeno	Alte prestazioni sono associate con l'arricchimento di ossigeno.
CO		800/1.000 mg/Nm3	Lavaggi ad umido	L'emissione di CO è conseguente alle operazioni di riduzione effettuata con aggiunta di carbone dei sali metallici presenti nella carica
Diossine	< 0,1-0,5 ng/Nm^3			Possibili nella fase di fusione e riduzione dei componenti metallici ma abbattute per l'alta temperatura di esercizio che in tale fase supera i 1.100 °C.

Nota: solo emissioni convogliate. Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento.

Trattamento acque

Tutte le acque dovranno essere opportunamente trattate per la rimozione delle tracce di metalli e per essere possibilmente riutilizzate in impianto o evacuate prive di sostanze inquinanti.

Nella tabella che segue si riassumono brevemente le varie origini ed utilizzi.

Origine delle acque da discarica	**Utilizzo**	**Metodi che ne riducano l'impatto**	**Metodi trattan**
Acque di processo	Frantumazione delle batterie esauste	Ritorno al processo per quanto possibile	Neutral e precip
Acque di raffreddamento	Raffreddamento dei forni	Uso in impianti di raffreddamento chiusi	Decant
Acque per abbattimenti polveri	Lavaggi ad umido	Raccolta in bacini e riuso interno	Settlem
Acque per abbattimento polveri diffuse.	Lavaggio strade e piazzali	Raccolta in bacini e riuso interno	Decant

Per l'individuazione della miglior tecnica BAT che riduca al massimo l'impatto delle acque di discarica varie metodi possono essere individuati e ciascuno in combinazione con altri deve mirare a ridurre la quantità in discarica e la presenza di inquinanti.

Le tecniche BAT applicate nel settore sono elencate di seguito.

Tecnica di trattamento	**Vantaggi**	**Svantaggi**
Precipitazione	Tecnica semplice ed economica Adatta ad una vasta gamme di metalli.	
Sedimentazione	Tecnica consolidata, semplice ed economica	Può solo rimuovere particelle grosse. Per particelle a bassa densità sono necessari grandi bacini e molto tempo
Filtrazione	Tecnica consolidata, semplice ed economica	Può solo rimuovere particelle solide. L'efficienza si riduce su particelle fini e se si aumenta eccessivamente la velocità di filtrazione
Filtrazione su resine a scambio ionico	Annullamento di tutti i metalli pesanti	Costo rilevante

Monitoraggio

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:
- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA

PARAMENTRO	**UNITA' DI MISURA**	**REPARTO**	**FREQUENZA DI MONITORAGGIO**
Polveri	mg/Nm^3	Frantumazione	6- 12 mesi
		Fonderia	in continuo

		Raffineria	6- 12 mesi
Metalli Pb	mg/Nm^3	Frantumazione	6- 12 mesi
		Fonderia	6- 12 mesi
		Raffineria	6- 12 mesi
SOx/NOx/COx	mg/Nm^3	Frantumazione	6- 12 mesi
		Fonderia	6- 12 mesi
		Raffineria	6- 12 mesi

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

EMISSIONI IN ACQUA

PARAMENTRO	UNITA' DI MISURA	REPARTO	FREQUENZA DI MONITORAGGIO
Temperatura	°C	Imp. Depurazione	Trimestrale
Solidi sospesi totali	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale
pH	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale
COD	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale
Grassi e olii animali e vegetali	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale
Metalli (Pb,Cu,Zn,Fe,Ni,Cd,Sn)	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale
Solfati	mg/l	Imp. Depurazione	Trimestrale

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

RIFIUTI

Dalla trasformazione delle batterie e degli altri rifiuti piombosi i materiali che non possono essere riutilizzati nelle varie fasi del processo di trasformazione vengono smaltiti in discarica o ceduti. La tabella seguente mostra una sintesi di tali materiali destinati allo scarto

Scorie da forno / di lavorazione	Discarica
Mix plastiche di scarto	Discarica / Riutilizzo
Elettrolita acido debole	Neutralizzazione e conferimento a terzi autorizzati / Riuso

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

PRODUZIONE DI ALLUMINA

L'ossido di alluminio, commercialmente indicato col nome di allumina, derivato dalla lavorazione della laterite bauxite, viene principalmente destinato alla successiva produzione di alluminio metallico, mediante processo elettrochimico. Quote minori dell'ossido, generalmente ancora in forma idrata, vengono indirizzate alla produzione di vari composti, quali i fluorurati destinati alla metallurgia dell'Alluminio stesso (criolite Na_3AlF_6 e fluoruro AlF_3), il Policloruro di Al, detersivi, o altri, oppure, in forma anidra, per la produzione di abrasivi, refrattari, in campo ceramico, ecc. La produzione di allumine cosiddette speciali (generalmente per purezza e finezza), realizzata in alcuni impianti, rappresenta una nicchia del settore, con produzioni minime ad alto valore aggiunto, destinate ad impieghi di pregio, quali isolatori di alto potere dielettrico o materiali di supporto per catalizzatori.
Le raffinerie di allumina in attività nel mondo negli anni recenti sono 50, per una produzione complessiva di allumina prossima ai 55 Mt/anno.
In Europa sono attive 6 raffinerie, per un totale di circa 6,4 Mt/anno, così distribuite:

Nazione	Impianto/ Società	Località	Produzione Ton/anno
Irlanda	AAL	Aughinish	1.500.000
Germania	AOS	Stade	900.000
Spagna	Alcoa	S.Ciprian	1.200.000
Francia	Pechiney	Gardanne	1.040.000
Grecia	AdG	Distomon	700.000
Italia	Eurallumina	Portoscuso	1.020.000

Totale produzione europea ≈ 6,4 Mton/anno

di cui circa l'87 % destinato ad uso metallurgico.

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Il processo Bayer

L'allumina è estratta dalla bauxite mediante il processo Bayer, consistente in una lisciviazione della bauxite a pressione e temperatura elevate, con soda caustica in soluzione, per estrarre l'allumina presente nella bauxite in forma idrata, portandola in soluzione come alluminato di sodio nella liscivia di attacco. La liscivia porta anche in sospensione solido-liquido i residui della bauxite rimasti indisciolti, costituiti da una miscela di ossidi metallici (Al_2O_3,Fe_2O_3,TiO_2,SiO_2,CaO,Na_2O combinato, ed altri), che, una volta separati dal processo, vanno a costituire i residui di lavorazione, chiamati "*fanghi rossi*", allocati in apposito bacino di contenimento.

Una volta separati dal processo i fanghi rossi, la soluzione di alluminato di sodio viene raffreddata ed inviata in appositi serbatoi di precipitazione, o cristallizzazione, dove riceve l'aggiunta di idrato di alluminio che ha la funzione di innesco germinativo. In questa fase l'alluminato di sodio si decompone, portando alla cristallizzazione di allumina idrata ($Al_2O_3{*}3H_2O$), o idrato, in parte riciclato come innesco e in parte usato come prodotto. L'idrato prodotto, dopo filtrazione e lavaggio, viene calcinato in forni rotativi o a letto fluido a 1000 –1100°C ottenendo allumina anidra di elevata purezza (99% Al_2O_3) in forma di solido cristallino bianco di dimensione granulometrica pari a circa 90 *micron*.

Le materie prime – fonti di approvvigionamento

Bauxite
La bauxite alimentata alla raffineria operante in Italia deriva dalla miniera australiana di Weipa (Capo York, golfo di Carpentaria), trasportata a mezzo navi. Elementi qualificanti di una bauxite, per determinare la convenienza al suo impiego nel processo di produzione allumina, sono il più alto contenuto di allumina, il tipo di allumina-idrata contenuto nella bauxite (meglio se triidrata,o gibbsite, perché più solubile rispetto alla forma monoidrata, o boehmite), e una bassa presenza di silice, perché la reazione di questa nella fase di attacco consuma soda, causando una diseconomia al processo. Le bauxiti normalmente in uso contengono ~ il 50 % di allumina e il 5 % di silice.

Soda caustica
La soda caustica necessaria per la lisciviazione della bauxite viene fornita alla raffineria come soluzione acquosa al 50 % a mezzo di navi.

Olio combustibile
L'energia termica richiesta dal ciclo di lavorazione viene fornita da vapor d'acqua prodotto da caldaie alimentate ad olio combustibile denso. Lo stesso combustibile viene bruciato nei forni di calcinazione dell'idrato. La fornitura, a mezzo di navi, proviene da raffinerie del Mediterraneo.

Calce
La calce rappresenta il maggior correttivo chimico del processo di attacco chimico. La fornitura avviene generalmente a mezzo camion da fornitori locali.

Acqua industriale ed energia elettrica
Il ciclo richiede l'approvvigionamento di acqua industriale e di energia elettrica.

Flocculanti e additivi
Prodotti vari usati per la sedimentazione dei fanghi e il miglioramento di alcune fasi del processo vengono forniti da ditte specializzate nel settore dei chemicals.

Acidi (solforico e cloridrico)
Per la neutralizzazione finale dei residui e lavaggi chimici di scambiatori di calore e filtri, vengono forniti generalmente da produttori locali.

Le unità dell'impianto di produzione Allumina

Il processo Bayer, ormai universalmente adottato per l'estrazione dell'allumina (idrata) dalla bauxite (roccia a maggior contenuto di allumina) consta di alcune fasi ed unità operative molto simili nei vari impianti, pur esistendo tra una raffineria e l'altra differenze a volte sostanziali dovute a diversa tecnologia, spesso in relazione all'età dell' impianto ed anche in funzione della materia prima trattata. Si riporta di seguito una breve descrizione delle varie fasi di lavorazione del processo estrattivo, come è realizzato nell'unica raffineria di allumina in Italia.

Stoccaggio e manipolazione bauxite
La bauxite scaricata dalle navi e trasportata a mezzo nastri viene accumulata in un parco a cielo aperto, della capacità di 300.000 ton. Da qui viene inviata giornalmente all'impianto di macinazione e pompaggio del relativo slurry alle autoclavi di attacco.

Produzione vapore
Il regime termico del ciclo produttivo è assicurato dal vapor d'acqua prodotto da caldaie a 50 bar *(n°3 caldaie installate , da 170 t/h ciascuna)*, alimentate dalla condensa del processo. Il ciclo caustico infatti è costituito da una serie di evaporazioni, diluizioni, e successive riconcentrazioni, con immissione di acqua industriale nel ciclo e produzione di condensato successivo alle evaporazioni, utilizzato per l'alimento alle caldaie oltre che per il lavaggio degli effluenti (fango e idrato). Per le caldaie, così come per i forni di calcinazione idrato, viene utilizzato olio combustibile denso ATZ.

Attacco bauxite
La bauxite macinata viene messa in contatto con la liscivia per l'attacco caustico. La concentrazione caustica della liscivia è intorno al 15 % NaOH, e la temperatura nella fase di attacco è di circa 250 °C, alla relativa pressione di 38 bar. In dette condizioni l'allumina della bauxite passa in soluzione combinandosi ad alluminato di sodio, e nello stesso tempo anche altre reazioni hanno luogo. La fase di attacco è seguita da una fase di depressurizzazione della liscivia (ora liscivia carica + solidi di bauxite inerte in sospensione) fino alle condizioni atmosferiche, con produzione di vapore di flash recuperato in batterie di scambiatori-condensatori nei quali si pre-riscalda la liscivia prima dell'attacco stesso. La temperatura della liscivia scende quindi intorno a 107 °C.

Chiarificazione liscivia carica
In questa fase i residui dell'attacco bauxite, o *fanghi*, vengono separati dalla liscivia carica che li porta in sospensione dalla fase precedente. La separazione avviene a mezzo di decantazione dei fanghi in larghi sedimentatori, con l'ausilio di flocculanti specifici; la liscivia viene anche sottoposta a filtrazione per una ulteriore chiarificazione, mentre i fanghi vengono convogliati al circuito di lavaggio, per il recupero della soluzione caustica che ad essi si accompagna.

Recupero calore
La liscivia chiarificata deve poi essere raffreddata alla temperatura ottimale per la fase di precipitazione (~75°C), in una unità di *flash* sottovuoto in cui il calore sviluppato dal raffreddamento della liscivia carica viene recuperato in larga parte dal pre-riscaldamento della liscivia scarica di ritorno dal ciclo precedente.

Precipitazione idrato

Alla liscivia carica, ormai giunta ad un alto grado di sovrassaturazione per il suo contenuto di allumina in soluzione, viene aggiunta la carica seme, per l'innesco e la guida del processo di precipitazione, essendo l'innesco costituito da idrato di varia granulometria riciclato indietro dalla classificazione. In questa fase l'alluminato subisce idrolisi restituendo soda caustica in soluzione ed idrato di alluminio che precipita in fase solida. La liscivia perde parte del suo contenuto di allumina in soluzione diventando quella che si definisce liscivia scarica, recante in sospensione solido-liquido sia l'idrato della carica seme che il nuovo idrato precipitato, da separare dalla liscivia nella fase successiva.

Classificazione idrato

La sospensione solido-liquido *(liscivia scarica + idrato)* viene inviata poi in 3 stadi di classificazione a gravità ed a batterie di ciclonatura per suddividere l'idrato circolante in classi granulometriche *(idrato primario, secondario e terziario),* così da riciclarne gran parte come seme d'innesco ed avanzare l'idrato a granulometria più grossa *(l'idrato primario)* come prodotto.

Calcinazione idrato

L'idrato primario viene quindi sottoposto a lavaggio e filtrazione, producendo un *cake* a bassa umidità *(3-4%)*, che viene o alimentato ai forni di calcinazione o accumulato in capannoni. La calcinazione avviene in 2 forni rotativi, di installazione originaria, ed 1 forno statico a letto sospeso (il Gas Suspension Calciner), di più recente installazione, nei quali alla temperatura di 1000-1100 °C l'idrato perde l'acqua di cristallizzazione e attraversa varie fasi cristalline di transizione fino al prodotto finito, caratterizzato da una limitata presenza della fase *alfa-allumina (la fase di massima calcinazione e la più stabile)*, come richiesto dagli utilizzi successivi. Il grado di calcinazione dell'idrato ad allumina deve infatti assicurare alla allumina un buon potere adsorbente, dato il suo impiego nell'operazione di *dry-scrubbing* per la successiva purificazione dei fumi prodotti dalle celle di elettrolisi, oltre al richiesto grado di reattività, tale da non creare effetti anodici nella cella di elettrolisi.

Nota sulla qualità allumina

Il rispetto della specifica prevista per il prodotto allumina, oltre ad avere degli ovvii risvolti di natura contrattuale con i clienti ricevitori, riveste anche molta importanza ai fini della protezione ambientale, particolarmente per la granulometria :

soglia granulometrica da specifica: il passante al vaglio dei 44 micron non deve superare il 10 %, e nei contratti di fornitura si inizia a fissare un limite anche per la soglia dei 20 micron . L'importanza della granulometria sta nella minor tendenza a generare polvere, sia durante il trasporto (carico e scarico navi) che nella fase di utilizzo (carico celle).

Stoccaggio e spedizione allumina e idrato

Dell'idrato accumulato nei capannoni la parte destinata alle spedizioni viene caricata a mezzo pala meccanica su camion per raggiungere il porto, in caso di spedizione via nave, o direttamente la località di destinazione, sia in Sardegna che nella penisola . Altrimenti l'idrato viene ripreso ed inviato ai forni per essere calcinato.

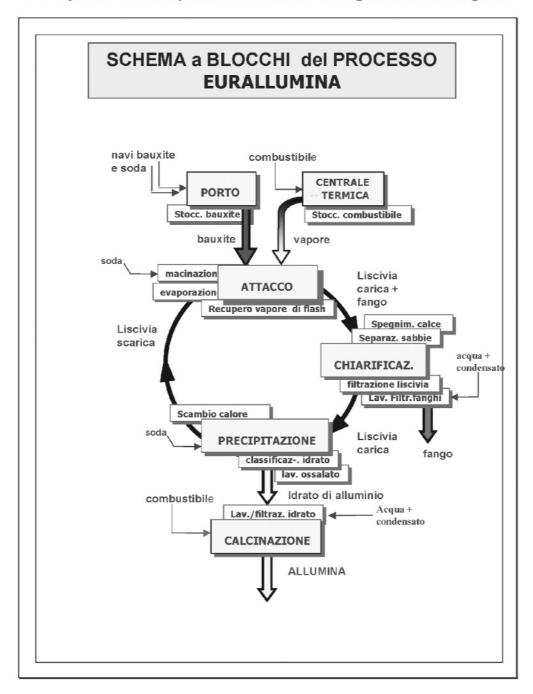
L'allumina, trasferita a mezzo di trasporto pneumatico in 3 silos di stoccaggio, con capacità massima prossima a 100.000 ton, viene poi estratta per essere inviata agli usi finali (in Italia per circa il 30 % all' impianto di elettrolisi locale e per la parte restante spedita via nave verso società dell'est europeo site in Slovenia, Slovacchia, Croazia, e a volte in Russia).
Il trasporto avviene con nastri trasportatori siti in camminamenti chiusi, e la caricazione delle navi a mezzo di un apposito caricatore munito di braccio flessibile *(a proboscide),* sottovuoto, per raggiungere le stive e minimizzare i fenomeni di spolverio.

Lavaggio e filtrazione residui
I fanghi separati dal processo, sottoforma di torbida *(o slurry)* al 30 % solidi, vengono avviati ad una serie di decantatori di lavaggio, dove incontrano in controcorrente un flusso di acqua di lavaggio, per il recupero della liscivia che ad essi si accompagna. Al termine di tale fase i fanghi vengono filtrati in filtri a tamburo *(drum fillters)* e rilasciati come torta *(o cake)* al 60 % solidi, con un basso contenuto di liquido alcalino residuo. Al cake viene aggiunta acqua per rendere i fanghi pompabili con pompe centrifughe. Come acqua per la veicolazione dei fanghi viene usata la stessa acqua riciclata dal bacino fanghi, chiarificata dalla decantazione dei fanghi in apposita area di calma.

Desolforazione fumi con i residui
Allo scopo di abbattere il contenuto di SO_2 nei fumi prodotti dalla combustione dell'olio ATZ, la società operante in Italia (Eurallumina) ha optato per la soluzione di installare due unità di desolforazione, nelle quali trattare separatamente i fumi prodotti dalle caldaie-vapore e dai forni-allumina, adottando la tecnologia brevettata dalla società giapponese Sumitomo, consistente nel far adsorbire la SO_2 dei fumi dal fango stesso del processo Bayer. Tale proprietà dei fanghi è dovuta alla presenza in essi della molecola complessa Sodio-silico-alluminato o sodalite ($Na_2OxAl_2O_3x2SiO_2x(Na_2CO_3,$.), derivante dalla reazione della silice presente nella bauxite con la soda e l'allumina della liscivia nella fase di attacco. La reazione della sodalite con la SO_2 dei fumi produce solfito e bisolfito, ossidati poi a solfato di sodio che resta nei fanghi.
In questa reazione si ottiene il duplice risultato, di purificare i fumi dalla SO_2 e di portare a neutralità completa (pH 5-7) circa il 50 % del fango prodotto.

Neutralizzazione e messa a dimora dei residui
I fanghi usati per la desolforazione dei fumi prodotti da caldaie e forni vengono poi riuniti al resto del fango per essere pompati al bacino, dopo il controllo della alcalinità residua al limite fissato di pH 10,2 , operato in parte con aggiunta di acqua-mare *(per il suo effetto di neutralizzazione ad opera della reazione del $MgCl_2$ con la soda, a dare $Mg(OH)_2$, che precipita)*, e in parte, a complemento, con H_2SO_4 .
Il fango viene quindi pompato al bacino ad un tenore di solidi del 20-25 %.

Bacino Fanghi
Il bacino di contenimento dei residui di processo, sito ad una distanza di circa 3 km dall'impianto di produzione, consiste in un argine originariamente costruito su un'area di 120 ha, per una altezza di 10 m, ad immediata adiacenza alla costa, protetto da una scogliera antistante la linea di mare. Il fango inviato come slurry al bacino si separa dall'acqua di convogliamento, compattandosi al 60 e fino al 70 % solidi, mentre l'acqua surnatante viene in parte riciclata, ed in parte evapora, mentre una quota di acqua mare

fresca viene introdotta nel circuito. A riempimento dell'argine originario, il deposito è stato progressivamente ampliato con anelli concentrici costruiti sul fango addensato secondo la tecnica cosiddetta "*upstream*", e cioè con progressione verso l'interno del deposito. Allo stato attuale il bacino, è stato ampliato fino al 7° anello in elevazione, fino all'altezza di 22,5 m.
Un esempio delle attività sopra descritte è illustrato nel diagramma di flusso seguente.

I consumi di materie prime e utilities

Espresso come consumo specifico riferito alla tonnellata di allumina prodotta, l'utilizzo delle materie prime si riassume come segue :

bauxite	t/t	2,14	in funzione della qualità della bauxite
olio combustibile	kg/t	270	di cui 180 alle caldaie e 90 ai forni
soda (NaOH)	kg/t	60–120	dipende dalla bauxite trattata
calce (CaO 85%)	kg/t	35 - 40	"
acqua	m^3/t	2,5	
additivi	kg/t	1,0	complessivamente tra flocculanti e chemicals
energia elettrica	kWh/t	240	
acidi	kg/t	18	

Note sui consumi

<u>Bauxite</u> : il consumo, espresso come materiale secco, può variare, in funzione della qualità della bauxite, e quindi del suo tenore di allumina , superando anche il valore di 2,2 t/t.

<u>Olio combustibile</u>: nell'esperienza italiana, l'installazione di unità di recupero aggiuntive *(scambiatori di calore)* e la sostituzione di un forno rotativo con un calcinatore statico a letto fluidizzato hanno fatto diminuire il consumo negli anni del 10-15 %.

<u>Soda caustica</u>: del consumo complessivo di soda circa 15 kg/t sono le *perdite controllabili*, date dalla soda residua negli effluenti, mentre tutto il resto *(perdite non controllabili)* è costituito dalla soda combinata nella reazione con la silice della bauxite, la quale può variare sensibilmente da una bauxite all'altra (es. dal 3 al 7 %), tale da far anche raddoppiare il consumo.

<u>Calce</u>: numerose reazioni della chimica della calce fanno dipendere in parte il consumo della calce dalla qualità della bauxite alimentata al processo.

<u>Acqua</u>: nell'esperienza italiana, l'installazione della unità di filtrazione fanghi, come variante al progetto originario dell'impianto, già nei primi anni di marcia, valse una riduzione del consumo di acqua di più del 30%. Dell'attuale consumo circa il 30 % finisce negli effluenti, come umidità del cake di fango filtrato, umidità dell'idrato filtrato e acqua di cristallizzazione dell'idrato, ed il restante 70 % perso all'atmosfera come evaporazione dalle torri di raffreddamento del ciclo, evaporazione naturale dei molti serbatoi dell'impianto, e vapore esausto rilasciato dalle unità evaporative dopo vari recuperi.

Energia Elettrica: nell'esperienza italiana, l'installazione di variatori di frequenza su numerosi motori per azionamento di pompe, in sostituzione di controllo portata a mezzo di valvole regolatrici, riducendo la perdita di energia per perdite di carico, ha contribuito a ridurre i consumi. Una riduzione di velocità operata sui numerosi agitatori dei serbatoi di precipitazione ha portato lo stesso risultato.

Acidi: l'acido impiegato è essenzialmente acido solforico, sia per il neutralizzo dei residui prima di inviarli al bacino, che per la pulizia chimica degli scambiatori di calore della fase di attacco, soggetti ad incrostazione lato tubi per deposizione di silice alle alte temperature.

Il consumo di energia termica

Nell'esperienza italiana, dati i consumi di combustibile indicati, si hanno i seguenti consumi energetici:

alle caldaie-vapore	7,2	GJ/t
ai forni di calcinazione	3,6	GJ/t
consumo totale Energia termica	10,8	GJ/t

Le emissioni dall'impianto (aria, acqua, suolo, rumore)

ARIA

Le emissioni in atmosfera dall'impianto sono quelle prodotte dalle 4 ciminiere esistenti, 3 separate per le 3 caldaie ed 1 unico camino per i 3 forni. I principali inquinanti emessi sono quelli tipici di un processo di combustione, vale a dire SO_2, NO_X e particolato.

Controlli sulle *polveri diffuse*: in periodo estivo e per effetto di ventosità locale, si possono creare fenomeni di polverosità dovuta alla movimentazione di idrato e allumina, o anche di polveri generate dalle operazioni di pale meccaniche al parco bauxite. Polveri comunque inerti, la cui concentrazione resta ampiamente al disotto dei 10 mg/ Nm^3.
Nell'esperienza italiana, alcuni monitoraggi fatti sul PM_{10} (particelle a dimensione <10micron) non fanno riscontrare particolari problemi in nessuna parte dell'impianto.

Lo *stoccaggio della bauxite* in parco scoperto e il suo trasporto con nastri solo in parte coperti non provoca fenomeni di polverosità, essendo l'umidità della bauxite australiana, (usata da diversi anni al 100 %) sempre intorno al 10%, e data la sua pezzatura, per lo più compresa tra 3 e 13 mm e in pratica esente da polveri.

ACQUA

Le immissioni nelle acque riguardanti una raffineria di allumina per lo più sono relative a possibili infiltrazioni di liquido caustico nelle acque sotterranee fluenti nel terreno sottostante alla raffineria, a seguito di operazioni di drenaggio linee e pompe in platee, se non propriamente ricoperte. Allo scopo di tenere il fenomeno sotto controllo è fondamentale il controllo continuo, ed il risanamento ove necessario, dell'integrità delle platee cementate sulle quali sono disposti i serbatoi contenenti la liscivia sodata che realizza il processo produttivo.
Le platee costruite negli ultimi anni sono realizzate con rete sotterranea di captazione di eventuali nuove percolazioni e con pozzi spia per la relativa segnalazione e captazione a mezzo pompa con controllo di avvio in automatico.

Nei periodi in cui si verifichi un eccesso nel bilancio idrico al bacino, a seguito di ridotta evaporazione per agenti atmosferici o di forte piovosità, è possibile lo scarico a mare di una quota dell'acqua surnatante al bacino fanghi, dopo suo opportuno trattamento.
L'acqua interessata a tale operazione in effetti viene "*restituita al mare*" perché per la neutralizzazione dei fanghi *(in parte)* e la loro veicolazione dall'impianto al bacino, si utilizza proprio acqua di mare.

SUOLO

Oltre alla allocazione dei residui di processo in apposito bacino di contenimento, di solito non vengono effettuate altre operazioni che coinvolgano il terreno. I materiali derivanti dalle operazioni di disincrostazione di tutti i serbatoi soggetti a pulizia manuale, consistenti in crostame e scaglie costituiti da bauxite, o fango, sabbie, silicati, idrato e allumina, vengono trasportati allo stesso bacino fanghi, così come i teli filtranti usati per operazioni a umido e a secco in filtri di vario tipo, incrostati da fango, silicati, idrato e allumina.

Altri materiali solidi di scarto, consistenti in:
- refrattari di demolizione mantello forni
- oli esausti derivati dai cambi di lubrificanti d'impianto
- oli dei trasformatori elettrici
- materiali in gomma
- rottami di ferro

vengono ritirati da ditte specializzate per l'attribuzione degli stessi materiali in discariche specifiche autorizzate.

RUMORE

Nell'esperienza italiana, una mappatura del carico espositivo al rumore nei luoghi di lavoro, ha mostrato come la maggior parte dell'impianto sia al di sotto degli 80 dB(A).
I livelli di rumorosità registrati all'esterno dello Stabilimento sono sempre risultati entro I limiti normativi e dunque il rumore non sembra essere un impatto prevalente.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

Tecniche BAT per le operazioni di processo

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle operazioni di processo.

Area impianto	**Parametro**	**Tecnica BAT per la riduzione dei consumi**
Ciclo termico	Consumo energia	Utilizzo dei *digestori tubolari* con la tecnologia del "*riscaldamento indiretto dello slurry bauxite*". *Purificazione liscivia* dalle impu- rezze del sodio (maggior produttività). -------------------- Tecnologie adottabili per impianti di nuova installazione
Gestione residui	Consumo acqua	Utilizzo acqua mare e riciclo acqua dal bacino per il convogliamento dei residui.
Bilancio idrico	Consumo acqua	Filtrazione fanghi (residui). Riutilizzo acque degli scarichi igienici e ripresa acque meteoriche dalle aree di impianto per usi di processo.
Calcinazione	Consumo energia ed emissioni	Uso di calcinatori a letto fluido per la loro miglior efficienza termica rispetto ai rotativi convenzionali e per il miglior recupero delle polveri di allumina.
Stoccaggio materie prime e prodotti	Polveri	Utilizzo di capannoni e nastri coperti, sistemi pneumatici sottovuoto, filtri a maniche, ed ESP per materiali polverosi.
Qualità allumina	Polveri	Una buona granulometria è da considerare BAT perché garanzia contro la polverosità • - 44 µm ≤ 8 % • - 20 µm ≤ 1 %

Tecniche BAT per le emissioni all'aria

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle emissioni atmosferiche.

Area impianto	**Inquinante**	**Tecniche BAT per la riduzione delle emissioni**
Camini caldaie produzione vapore	SO_2	Opportuna scelta del combustibile Utilizzo di tecniche di desolforazione fumi (in Italia con processo di desolforazione fumi a mezzo della tecnologia Sumitomo)
	NO_x	Impiego di bruciatori a basso NO_x

	Polveri	Utilizzo di filtri a maniche, di elettrofiltri, e del wet scrubbing sui fumi *(processo Sumitomo)*
Camino forni di calcinazione	SO_2	Opportuna scelta del combustibile Utilizzo di un processo di desolforazione fumi, se prodotti da combustibile ATZ *(wet scrubbing con i fanghi prodotti dal ciclo Bayer)*
	NO_x	Impiego di bruciatori a basso NO_x
	Polveri di allumina	Utilizzo del forno a letto fluido, a maggior capacità di captazione fini, di Filtri a maniche, di Elettrofiltri, e del wet scrubbing sui fumi *(processo Sumitomo)*
Caricamento navi	Polveri di allumina	Uso di sistema di carico previsto per la riduzione della polverosità. Uso di filtri a maniche

Tecniche BAT per le platee impianto e rumore

La tabella seguente mostra una sintesi (estratta dal Bref comunitario) delle migliori tecniche disponibili per la riduzione degli impatti dovuti alle emissioni atmosferiche.

Area impianto	**Inquinante**	**Tecniche BAT per la riduzione o il controllo delle emissioni**
Tutte le aree	Rumore	Approntamento di una mappa dell'impianto area per area con i relativi livelli di rumore in dB(A) Interventi di riduzione della emissione sonora ove fattibile Cartellonistica di segnalazione del livello sonoro e prescrizione d'uso di protezioni individuali ove necessario
Platee d'impianto	Rilascio di soluzione alcalina nella falda	Assicurare mantenimento di aree cementate (platee) sotto le apparecchiature contenenti soda in soluzione. Evitare le operazioni di drenaggio soda in platea. Provvedere una rete di pozzi piezometrici nelle aree d'impianto per il controllo sistematico della falda acquifera. Il collocamento di una raffineria in prossimità della costa rappresenta una garanzia da eventuali effetti negativi derivanti dall'uso, per usi civili, di acque sotterranee interessate da infiltrazioni.

Produzione dei rifiuti a partire dalla Bauxite - Caratterizzazione

a) Produzione di rifiuti – volume di allocazione

Il processo Bayer per la produzione di allumina a partire dalla bauxite comporta la produzione di una quantità di residui dello stesso ordine di grandezza dell'allumina estratta. Il fattore residui derivante dall'uso della bauxite australiana, ad esempio, è intorno a 0,78 (ton-residui/ton-allumina), valutato sul secco, che in termini di fango addensato, umido, al bacino diventano ~ 1,3 t/t, per un impegno di volume al bacino pari a ~0,8 m^3/t-allumina. Questo rende conto di come, per una produzione di allumina intorno a 1 Mton/anno occorra un volume di allocazione residui di ~1 Mm^3 all'anno.

Le varie raffinerie allumina nel mondo dispongono i loro residui generalmente in bacini a terra, e solo alcune raffinerie li scaricano nel fondale marino.

b) Caratteristiche chimiche della Bauxite

Al fine di poter introdurre una caratterizzazione dei rifiuti è opportuno esaminare prima la qualità della materia prima che li genera, e cioè la *bauxite*. Questo materiale viene chiamato come "*roccia*" oppure, in termine geologico, *laterite*, come roccia di natura vulcanica o sedimentaria sottoposta nelle ere geologiche ad un processo di arricchimento naturale nel suo contenuto di alluminio. Essa è compresa nella famiglia delle *terre ferro-silico-alluminose*,comprendenti anche le argille, le quarziti e le terre refrattarie, rispetto alle quali si distingue per avere un maggior contenuto di Al, il che la rende più indicata per il processo di estrazione di tale metallo.

Nei vari continenti della terra si trovano numerosi giacimenti di bauxite di diverso tipo, contenenti allumina sotto forma di triidrato di Alluminio e monoidrato. Le miniere di maggior utilizzo sono quelle di grandi giacimenti a cielo aperto, tra le quali quella africana di Boke (Guinea) che alimenta gran parte degli impianti europei, e quella australiana di Weipa, utilizzata soprattutto in Australia ed anche nella raffineria italiana, oltre a molte altre in Brasile, Venezuela, ecc. Per una visione della qualità di una bauxite tipica si riporta nella tabella seguente quella della bauxite australiana, nelle 3 varianti di materiale *Standard Metallurgical Grade*, del *Grade A* e del *Grade D*, identificanti una miscela e due filoni di estrazione.

Composizione della Bauxite Weipa

Costituenti	*Bx weipa Std Metal. Grade*	*Weipa. Grade-D*	*Weipa. Grade-A*	*Note*
Al_2O_3 *totale* Fe_2O_3 TiO_2 SiO_2 *totale* L.O.I. 1150°C ([2])	54,76 12,28 2,58 % 5,62 24,47	57,30 7,10 2,40 % 6,80 26,40	53,70 15,8 2,8 % 3,3 24.4	Costituenti principali
P_2O_5 V_2O_5 CaO MnO Cr_2O_3 ZrO_2 Ga_2O_3	0,07 0,06 0,01 0,01 0,05 0,10 0,01 ~0,3 %	~0,3 %	~ 0,3 %	Costituenti minori
TIC TOOC	0,5 kg/t (come C) 1,9 kg /t (inclusi nel LOI)			Carbonio di origine vegetale e inorganico

c) Caratteristiche chimiche dei residui

Dell'Allumina totale indicata per ciascuna bauxite quella effettivamente estraibile col processo Bayer è intorno al 50 %, perché una quota dell'allumina totale resta combinata con la silice, più o meno sempre presente nella bauxite, e quindi la si ritrova nei residui, assieme a tutti gli altri costituenti della bauxite, dei quali solo una traccia resta nell'allumina prodotta, e tutto il resto finisce nei residui. Per definire l'essenza dei residui stessi, si può dire che essi sono costituiti da una sorta di bauxite alla quale è stata sottratta gran parte del suo contenuto di Al_2O_3, con l'aggiunta di una quantità di ossido di sodio, combinato nel cosiddetto *"prodotto di desilicatazione"*, molecola complessa di silico-alluminato di Sodio, composto di tipo zeolitico presente anche in natura, o neutralizzato come solfato, e di ossido di calcio, usato per la preparazione del filter-aid *(Ca-alluminato)* e dosato come correttivo in diverse reazioni chimiche del processo, ritrovato poi nei residui. Tutti gli altri costituenti minori, presenti come ossidi nella bauxite, taluni avendo reagito con la calce aggiunta al processo e trasformati nei relativi sali, si ritrovano nei residui, concentrati del fattore dato dal valore inverso del rapporto residui/bauxite, che per la bauxite descritta è pari a 0,365 (ton-residui/ton-bauxite), quindi concentrati di un fattore 2,7 circa.

[2] Il contenuto del L.O.I. (Loss on Ignition) è dovuto principalmente all'acqua di cristallizzazione dell'allumina, presente nella bauxite come triidrato e monoidrato.

Per la caratterizzazione dei residui prodotti, trattando le bauxiti di origine australiana, si riportano nella tabella seguente le concentrazioni tipiche dei vari costituenti *(valutate sul residuo secco)*.

Composizione dei residui prodotti dalla Bauxite Weipa

Costituenti	*Weipa. Grade-D*	*Weipa. Grade-A*	*Note*
Al_2O_3 *totale* Fe_2O_3 TiO_2 SiO_2 *totale* L.O.I.1000°C ([3])	25, 0 19,5 6,6 % 18,6 9,6	19,8 43,5 8,1 % 9.3 7,4	Costituenti principali
P_2O_5 V_2O_5 MnO Cr_2O_3 ZrO_2 Ga_2O_3	~0,7 %	~ 0,7 %	Costituenti minori
Na_2O CaO	12,0 % 7,8	5,9 % 5,2	Costituenti aggiunti

d) Ricerche sul possibile utilizzo dei residui

La produzione di una significativa quantità di rifiuti connessa al processo di produzione allumina costituisce da sempre un problema di massima rilevanza, ancor più quando la raffineria si trovi in aree di possibile urbanizzazione, o comunque vicine a centri abitati. Il possibile riutilizzo di tali residui costituisce pertanto da anni argomento di numerosi lavori di ricerca, condotti da istituti o enti interessati al settore.

Numerose ricerche su eventuali utilizzi di tale materiale hanno mostrato possibili applicazioni nella produzione di laterizi, in mescola con argilla, di ceramiche colorate per uso edilizio, nel campo dei coloranti, e mediante calcinazione per produzione di aggregati induriti tipo ciottoli. Per tutti questi possibili impieghi non si incontra tuttavia un rapporto costi/benefici economicamente valido, per il costo associato ai trattamenti necessari per l'utilizzo del materiale, per cui allo stato attuale le possibilità di impiego su scala significativa sono soggette all'esito positivo di qualche ricerca che individui bassi costi di trattamento.

[3] Il contenuto del LOI è dovuto all'acqua di cristallizzazione di vari composti presenti in forma idrata

e) Utilizzo del fango come ammendante

Una tecnologia al momento emergente su un possibile impiego dei residui è basata sulle proprietà alcaline dei fanghi, opportunamente trattati, di neutralizzare gli eluati acidi derivanti da attività minerarie, spesso associati agli accumuli di residui prodotti da attività di estrazione e trattamento minerali (i noti Acid Rock Drainage, o ARD, citati nella letteratura comunitaria). Oltre a questo i fanghi del processo Bayer hanno la caratteristica di intrappolare ioni metallici nel reticolo cristallino dei loro costituenti, sottraendoli in modo stabile dall'ambiente circostante, acqua o suolo, esercitando quindi una azione di ricondizionamento sia su acque che su terreni contaminati.

f) Tecniche di gestione residui (tailings management)

A valle della fase di lavaggio dei fanghi per il recupero delle acque madri o liscivia di processo che ad essi si accompagna, i fanghi possono essere o no sottoposti a filtrazione, per un recupero finale di acqua e soda. Quindi in genere vengono inviati al bacino o laguna di contenimento. L'operazione di messa a dimora dei residui di processo in bacino a terra comporta sempre l'impiego di una certa quantità di acqua per la veicolazione degli stessi. Si utilizza allo scopo acqua-mare, per sfruttare la sua capacità neutralizzante sulla soda residua nei fanghi ad opera del $MgCl_2$ *(reazione di doppio scambio con NaOH)* .

Due tecniche possono essere utilizzate per il conferimento dei fanghi al bacino, così brevemente descritte.

Dry stacking o *Thickened tailings*: tecnica basata sull'impiego di sedimentatori a forte addensamento *(deep thickeners)* e di pompe volumetriche *(a membrana)* per il pompaggio del fango sotto forma di torbida ad alta densità (≅ 40% solidi). Tecnica possibile per bacini adiacenti all' impianto di produzione, ed inoltre tecnica consigliabile in aree con clima piovoso, per la gestione dell'acqua al bacino.

Slurried tailings: tecnica basata sulla manipolazione dei residui sotto forma di torbida più diluita (≅ 20 % solidi). Ciò dovuto sia alla maggior distanza del bacino dall' impianto, che proibisce alte densità di pompaggio, che ad altre manipolazioni del fango, come quella del *wet-scrubbing* dei fumi, che necessita di uno slurry diluito. Il fango comunque trasferito al bacino si addensa mentre l'acqua surnatante viene riciclata, in parte evaporata, e, se necessario per la chiusura del bilancio idrico al bacino, trattata in piccola parte per essere restituita a mare.

Monitoraggio

Nel seguito sono riassunti i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le considerazioni seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

Emissioni in atmosfera

Nell'esperienza italiana, le emissioni dai camini sono controllate da un sistema di monitoraggio in continuo *(per SOx, NOx, CO e polveri)*. Accanto alle misure fatte ai punti di emssione è utile una rete pubblica di monitoraggio che sorvegli le immissioni nel territorio sottoposto ai controlli.

Immissioni nelle acque

Per il controllo delle acque sotterranee è possibile l'utilizzo una rete di pozzetti-piezometrici, disposti in stabilimento, attorno al bacino-fanghi, esterni allo stabilimento, nei quali su base mensile si rilevi il pH e la conducibilità dell'acqua, e il livello di falda. Nei piezometri attorno al bacino-fanghi è opportuno controllare mensilmente anche il contenuto in ferro e ogni 6 mesi tutti i metalli pesanti; con stessa periodicità è opportuno controllare le pozze d'acqua di falda affioranti in vicinanza al bacino.

Rifiuti

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti - quando applicabili - autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

PROCESSI PER LA PRODUZIONE DI ALLUMINIO PRIMARIO

L'alluminio è un materiale che ha una vasta gamma di applicazioni nel campo dei trasporti, nell'edilizia, nel settore degli imballaggi, nel settore elettrico, nei sistemi di distribuzione dell'elettricità ad alta tensione, nel settore meccanico ed agricolo e per i beni di consumo. E' leggero e, avendo una elevata affinità per l'ossigeno, si ricopre rapidamente di una patina protettrice di ossido di alluminio che ne impedisce una ulteriore corrosione. L'alluminio è altamente reattivo, in particolar modo nella forma di polvere, e viene usato nelle reazioni allumino-termiche per produrre una varietà di altri metalli.

L'alluminio primario è prodotto dalla bauxite la quale è convertita in allumina (Al_2O_3). Cento tonnellate di bauxite producono 40-50 tonnellate di allumina, che a sua volta produce 20-25 tonnellate di alluminio.
L'alluminio secondario è condizionato dalla disponibilità di rottami (materie prime secondarie) che vengono generati dal riciclo di prodotti contenenti alluminio. Si parla di "rottami vecchi" se provengono dalla raccolta di manufatti arrivati al termine del loro ciclo di vita, di "rottami di produzione" o "rottami nuovi" se provengono da scarti di produzione e da sfridi di lavorazione.

Nel 2002 il settore dell'alluminio primario era costituito da 21 smelters operanti nell'UE ed altri 17 in Europa.
Attualmente, in Italia esistono due impianti di produzione elettrolitica di alluminio, entrati in esercizio all'inizio degli anni 70.

Aspetti ambientali

I principali aspetti ambientali della produzione di alluminio primario (tralasciando quindi la produzione di allumina) sono connessi alla generazione di emissioni durante il processo elettrolitico contenenti idrocarburi polifluorurati e fluoruri ed alla generazione di residui solidi provenienti dalla demolizione delle celle elettrolitiche.
L'industria ha realizzato notevoli progressi nella riduzione di tali emissioni: esse sono state ridotte da 4 a 10 volte negli ultimi 15 anni, a seconda del tipo di emissione o processo considerati.

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

L'energia elettrica costituisce uno dei principali fattori di costo per la produzione di alluminio primario. Anche per tale motivo, l'industria europea dell'alluminio ha fatto degli sforzi considerevoli per ridurre il consumo di elettricità, scendendo da 17 kWh/kg di prodotto nel 1980 a circa 15 kWh/kg nel 1998-2000. La produzione e raffinazione dell'alluminio secondario richiedono molta meno energia e consumano meno del 5% dell'energia necessaria per produrre alluminio primario.

Il settore dell'alluminio primario si può suddividere in due macro settori:

- produzione di allumina dalla bauxite, mediante processo Bayer (trattato nel capitolo precedente di questo documento);
- riduzione dell'allumina attraverso un processo elettrolitico per la produzione di alluminio.

Produzione di Alluminio con Processo Elettrolitico

In Italia la produzione dell'alluminio per via elettrolitica avviene con un ciclo integrato che include all'interno dello stesso sito i seguenti processi:

- elettrolisi;
- fonderia per la raffinazione e la colata del metallo liquido;
- produzione degli anodi utilizzati in elettrolisi.

Elettrolisi

Il processo prevede l'ottenimento di alluminio attraverso una riduzione elettrolitica dell'ossido di alluminio (allumina), disciolta in un bagno fuso composto principalmente da criolite, ad una temperatura di circa 960°C.
Il processo di riduzione dell'allumina avviene all'interno di celle elettrolitiche collegate in serie ad un generatore di corrente continua. La corrente, in ogni cella, passa dall'anodo al catodo attraverso il bagno, e di qui, attraverso barre conduttrici di collegamento, alla cella successiva.
Le celle elettrolitiche sono costituite da vasche rettangolari in acciaio, con un rivestimento di mattoni refrattari e isolanti su cui è disposta una suola di grafite e/o carbone amorfo che funziona da catodo e da anodi di carbone sospesi ad una barra conduttrice. Le celle contengono un elettrolita fuso, nel quale avviene la dissoluzione dell'allumina, costituito da una miscela di criolite (Na_3AlF_6) con additivi (il più comune è il AlF_3) utilizzati per mantenere la temperatura della cella elettrolitica a valori accettabili (940-980°C). Nelle celle ad anodi precotti, l'anodo è costituto da blocchi rettangolari di carbone immersi nel bagno fuso fin quasi a contatto con il fondo della cella (la distanza interpolare è di pochi centimetri). La corrente elettrica che attraversa il bagno fuso consente di mantenere la temperatura ai valori desiderati per effetto Joule.
L'allumina viene aggiunta con regolarità al bagno per mantenere la concentrazione desiderata.
L'alluminio liquido si deposita al catodo (sul fondo della cella) mentre l'ossigeno che si libera all'anodo reagisce con questo producendo CO e CO_2. Gli anodi di carbone sono pertanto continuamente consumati durante il processo e vanno sostituiti con regolarità.
L'alluminio fuso raccolto sul fondo delle celle viene estratto periodicamente e trasferito ai forni in fonderia per le successive fasi di raffinazione e colata.
I sistemi di celle variano a seconda della tipologia di anodo e del metodo utilizzato per alimentare l'allumina. Le principali tecnologie di celle elettrolitiche, per quanto attiene al tipo di anodo, sono la Soderberg e la Prebake (anodi precotti).
Nella cella "Prebake" gli anodi vengono prodotti in un impianto indipendente a partire da una miscela di coke di petrolio calcinato e di pece di catrame (coal tar pitch) che

viene compressa e formata in blocchi, successivamente cotti in speciali forni di cottura in un impianto separato. La produzione di anodi è spesso un processo integrato con la produzione elettrolitica dell'alluminio.
A seconda del sistema di alimentazione dell'allumina le celle Prebake possono essere ad alimentazione centrale o laterale, rispettivamente CWPB e SWPB.
La cella Prebake con alimentazione centrale (CWPB), più moderna e considerata BAT, è l'unica tecnologia attualmente in uso in Italia per la produzione elettrolitica di alluminio primario.
Le celle hanno solitamente un sistema di cappe di chiusura che consente di massimizzare l'aspirazione dei gas emessi durante il processo elettrolitico.
Un sistema di aspirazione raccoglie i gas di processo per convogliarli ad un sistema di adsorbimento su allumina per rimuovere HF, fluoruri e residui di catrame. Tale sistema di abbattimento non è viceversa particolarmente efficace per la rimozione della SO_2. L'allumina esausta recuperata mediante filtri a maniche è riciclata alle celle.
Il catodo non si consuma ma si deteriora col tempo cosicché a intervalli regolari i catodi devono essere sostituiti. I residui della demolizione delle celle sono conosciuti come SPL (spent pot linings).
L'alluminio liquido proveniente dalle celle viene trasferito in fonderia per le successive fasi di raffinazione e colata.

Raffinazione (Fonderia)
Il metallo è trattato per rimuovere le impurezze come l'idrogeno e le particelle di ossidi di sodio, magnesio e calcio. Il trattamento viene condotto mediante un'iniezione di un gas all'interno del metallo fuso nel forno o in linea durante il trasferimento del metallo liquido alla colata. Il gas applicato varia in funzione delle impurezze presenti: l'argon e l'azoto vengono usati per rimuovere l'idrogeno ovvero miscele di cloro, argon e azoto per rimuovere le impurezze metalliche. Inoltre, AlF_3 è usato per rimuovere il magnesio. Infine, prima della colata il metallo viene filtrato.
Le leghe di alluminio vengono prodotte nel forno mediante l'aggiunta del metallo richiesto (Ti, Cr, Fe, Mn, Ni). In questa fase si producono schiumature (residui con alto contenuto di alluminio) che vengono rimosse dalla superficie del metallo fuso e riciclate solitamente nell'industria dell'alluminio secondario.

Colata (Fonderia)
Dai forni vengono prodotti (mediante colata del metallo fuso) pani, billette, placche, T-bars attraverso apparecchiature per la colata verticale, con utilizzo di acqua di raffreddamento.

Produzione degli Anodi precotti (prebaked - PB)
In Italia la produzione degli anodi precotti (Prebaked – PB) viene effettuata in impianti integrati con gli impianti di elettrolisi, mentre la produzione dei catodi viene effettuata da soggetti specializzati in impianti dedicati a tale scopo, al di fuori dei siti in cui avviene la produzione elettrolitica dell'alluminio.
Gli anodi precotti sono composti da una miscela di coke di petrolio, pece (14-16%) e materiale residuale di anodi usati (resti anodici).
La loro produzione prevede tre fasi di lavoro: la Formatura, la Cottura e l'assemblaggio (Rodding).

Formatura

La produzione di anodi inizia con le operazioni di macinazione, vagliatura e miscelazione della materia prima. Il coke di petrolio ed i resti anodici, ridotti alla granulometria desiderata, vengono dosati e preriscaldati, quindi miscelati con la pece liquida o solida. L'impasto prodotto viene inviato ad una macchina dosatrice e poi ad una pressa (vibrante od idraulica), che compatta la miscela in blocchi sagomati, gli anodi verdi. L'anodo, una volta prodotto a circa 120°C, viene raffreddato prima delle successive manipolazioni.

Cottura

Gli anodi verdi vengono cotti in forni contenenti un numero elevato di camere in cui sono alloggiati gli anodi stessi. Le camere sono separate da un muro costituito da mattoni refrattari ed in essi sono presenti dei condotti per il passaggio dei gas di combustione. Gli anodi vengono impilati nel forno, intervallati da strati di materiale di imbottitura (solitamente coke) per prevenire ossidazioni. Il materiale di imbottitura è consumato durante i cicli di riscaldamento e di raffreddamento con una velocità di 12-35 kg per tonnellata di anodo, il materiale di imbottitura rimanente viene riutilizzato. In qualsiasi momento le camere, in sezioni distinte del forno, possono essere riempite, riscaldate, raffreddate o svuotate.

Il ciclo di cottura prevede una fase di aumento della temperatura fino al valore massimo di 1200 °C, una fase di mantenimento della temperatura massima ed una fase di raffreddamento.

Durante il riscaldamento avviene la distillazione della pece che lega i granelli di coke di petrolio; si ottengono così elettrodi di carbonio con elevate caratteristiche meccaniche, elettriche e di resistenza all'attacco chimico.

C'è una perdita del 5% in peso durante la cottura e la durata del processo è approssimativamente 15-21 giorni.

Assemblaggio (Rodding)

In questa fase vengono anche effettuati il ricondizionamento delle stanghe costituenti gli elementi anodici portacorrente, provenienti dal reparto elettrolisi con il resto anodico, il distacco dello stesso resto anodico , la pulizia del supporto e l'assemblaggio del nuovo anodo, mediante colata di ghisa in corrispondenza all'elemento anodico portacorrente.

Durante il processo elettrolitico gli anodi sono infatti soggetti a consumo e pertanto devono essere sostituiti. I residui degli anodi estratti dalle celle (circa il 20% dell'anodo originale) vengono riutilizzati in formatura, così come vengono riutilizzate le aste, eventualmente dopo manutenzione.

Un esempio delle attività sopra descritte è illustrato nei diagrammi di flusso seguenti.

Ciclo integrato per la produzione elettrolitica dell'alluminio
Coke di petrolio
Anodi usati
MESCOLA/ FORMATURA
Pece
Blocchi anodici crudi
COTTURA
Anodi cotti
RODDING
Anodi assemblati
ELETTROLISI
Resti anodici
Fumi
Al2O3
Dry scrubb ers
Al2O3 Fluorata
Bagno recupero
Macinazione bagno
Alluminio Prim. liquido
FONDERIA
Placche Billette Pani in lega
LEGENDA
MATERIA PRIMA
ATTIVITA'
PRODOTTO INTERMEDIO
PRODOTTO FINALE
FILTRO
CAM INO

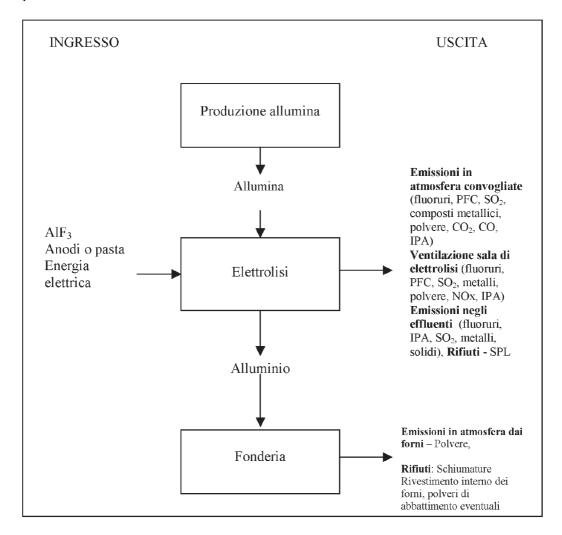
ELETTROLISI
Energia elettrica in cc
Anodi inghisati
Al_2O_3 Na_3AlF_6 AlF_3
CELLE ELETTROLITICHE
fumi
E
E
E
Impianto di aspirazione e abbattimento fumi ad Al2O3 ◆
Al_2O_3 fluorata
Stanghe e anodi usati
RODDING
E
Filtro a maniche
Impianto di macinazione
Bagno elettrolitico
Alluminio primario liquido
FONDERIA (segue)
LEGENDA
MATERIA PRIMA
ATTIVITA'
PRODOTTO INTERMEDIO
PRODOTTO FINALE
FILTRO
CAM INO

MACINAZIONE - FORMATURA ANODI
E
Filtro a maniche
SILI COKE
Coke di petrolio
E
Filtro a maniche
E
Filtro a maniche
DEPOSITO PECE LIQUIDA
Pece
E
Filtro a maniche
E
Filtro a maniche
Resti anodici
FRANTUMAZIONE
E
Filtro a maniche
Combu stibile
E
Caldaia
MISCELAZIONE
E
Filtro a maniche
E
Adsorbimento e dry scrubber
FORMATURA
Blocchi anodici crudi
COTTURA (segue)
LEGENDA
MATERIA PRIMA
ATTIVITA'
PRODOTTO INTERMEDIO
PRODOTTO FINALE
FILTRO
CAM INO

COTTURA E INGHISAGGIO ANODI
Blocchi anodici crudi
Combus tibile
FORNI COTTURA
E
Elettrofiltro o Dry scrubber
ELETTROLISI
Anodi cotti
E
Filtro a maniche
Pulizia Anodi
Stanghette e resti anodici
RODDING
E
Filtro a maniche
E
Filtro a maniche
Separazione bagno da anodo usato
Impianto macinazione bagno
Separazione stanghette da anodo usato
E
Filtri a maniche
Pulizia resto anodico
Ghisa nuova
Ghisa fusa
E
Filtro a maniche
Frantumazione resto
Strippaggio colletti ghisa
Recupero resti
E
Filtri a maniche
Forni elettrici ad induzione
E
Filtro a maniche
Ghisa di recupero
Sabbiatric e
E
Filtro a maniche
Ghisa di recupero
Stoccaggio anodi inghisati
E
Filtro a maniche
Burattatura – pulizia ghisa
Accoppiamento Anodi-stanghette

Livelli di consumo e di emissione

Oltre alla CO_2 intrinsecamente legata al processo, ci sono potenziali emissioni in atmosfera di polveri, SO_2, HF, fluoruri come particolato, CO, PFC e IPA, provenienti dal sistema di captazione dei gas di processo dalle celle e dal sistema di ventilazione della sala di elettrolisi. Ci sono anche potenziali emissioni di polvere, metalli, cloruri e prodotti di combustione dai forni utilizzati in fonderia per la raffinazione e la colata del metallo.
Anche in assenza di sistemi di abbattimento ad acqua, attraverso il sistema di raccolta e scarico delle acque meteoriche ci possono essere emissioni di particolati, SO_2, fluoruri e IPA. La principale sorgente di rifiuti solidi dell'elettrolisi è costituita dalle SPL.

Il seguente diagramma mostra le entrate e le uscite della produzione di alluminio primario:

Per quanto riguarda le rese di produzione, sono richieste circa 2 tonnellate di bauxite per produrre 1 tonnellata di allumina, che a sua volta produce circa 0.53 tonnellate di alluminio. Il consumo degli anodi di carbone, nelle celle prebake, è di circa 0.4-0.45 tonnellate di carbone per tonnellata di alluminio prodotto.

Il processo di elettrolisi richiede un consumo energetico elevato che è di circa 53 GJ/ton di alluminio per le migliori celle CWPB (inclusa la produzione dell'anodo). L'energia elettrica per il processo elettrolitico è di circa 13.2 – 15.5 kWh/tAl prodotto.
Il consumo energetico totale (comprensivo di perdite ed impianti ausiliari) è di circa 14.0 – 16.5 kWh/tAl prodotto.
La produzione di alluminio da metallo riciclato consente un consumo energetico pari al solo 5% dell'energia richiesta nella produzione di alluminio primario.

Emissioni in atmosfera: sala di elettrolisi

Captazione dei gas di processo (Prebake)
Le celle CWPB (PB centrali, le uniche presenti in Italia) sono completamente chiuse e hanno un sistema d'estrazione dei fumi. L'efficienza di captazione dei gas varia dal 95 al 99% a seconda del dimensionamento del sistema d'estrazione, dell'efficacia della copertura della cella e della disposizione dei sistemi d'estrazione e filtrazione. L'efficienza di captazione dipende anche dalla capacità d'estrazione, dal progetto delle coperture e dalle buone pratiche operative che minimizzino la contemporanea apertura delle coperture. Le cappe aperte o le cappe che non siano a tenuta permettono l'ingresso di aria all'interno del sistema d'estrazione e pertanto riducono l'efficienza d'estrazione nelle celle rimanenti.

Le emissioni non convogliate dalla sala di elettrolisi sono significative. In Scandinavia, per la tecnologia Soderberg che ha emissioni di sala più significative, per rimuovere i fluoruri e gli IPA dai gas di ventilazione della sala di elettrolisi vengono a volte usati sistemi di abbattimento ad umido come il lavaggio con acqua di mare. L'utilizzo di tali sistemi è controverso dal punto di vista di un bilancio ambientale generale perché essi implicano il trasferimento del carico inquinante dalla fase gassosa alla fase liquida e un forte carico energetico. Le celle CWPB (PB centrali) sono in genere le più efficaci nella captazione dei gas, ma necessitano di una buona progettazione e di buone procedure di esercizio e manutenzione.

In tabella seguente si riporta la concentrazione di alcuni inquinanti presenti nei gas di processo emessi dalle celle.

Concentrazioni dei gas non trattati, presenti nella cella dell'alluminio primario.			
Tipo di cella	**Fluoruri totali mg/Nm^3**	**Polvere mg/Nm^3**	**SO_2 mg/Nm^3**
VSS Søderberg (non presente in Italia)	700-1700	500-1800	500-2000
Prebake coperte	75-500	150-50	50-400

Fluoruri

Sono emessi sotto forma di gas e particolato durante il processo elettrolitico. Il principale inquinante emesso (50-80%) è l'HF gassoso mentre il resto è costituito da fluoruri solidi. L'HF si forma dalla reazione di fluoruro di alluminio e criolite con l'idrogeno. Nei moderni forni si lavora con un eccesso stechiometrico (fino al 12-13%) di AlF_3. Nel corso degli anni si è pertanto rilevato un incremento nella generazione dei fluoruri e la captazione dei gas è diventata sempre più importante.
I fluoruri totali generati nelle celle variano tra i 20 e i 40 kg di F/ton di alluminio prodotto. Con un'efficienza di captazione dei gas maggiore del 98% e una efficienza di abbattimento variabile dal 99,5 al 99,9% (per i sistemi a secco), nel migliore dei casi si possono ottenere emissioni al camino, dopo abbattimento, comprese tra i 0,02 e i 0,2 kg di F/ton di alluminio. L'allumina utilizzata per l'abbattimento dei fluoruri viene normalmente raccolta mediante filtri a manica o in un precipitatore elettrostatico e successivamente riusata nelle celle elettrolitiche. I fluoruri adsorbiti nell'allumina formano fluoruro d'alluminio e fluoruro di sodio (dopo reazione con l'ossido di sodio presente nell'allumina) e contribuiscono alla quantità di criolite presente nel bagno delle celle. Le emissioni non catturate vengono emesse attraverso il sistema di ventilazione dalla sala di elettrolisi . Queste emissioni possono valere 0,4-0,8 kg/ton di alluminio (come calcolato da PARCOM, 1997) portando il fluoro totale a valori di 0.4-1.0 kg F/tAl circa.

PFC

I PFC (polifluorocarburi) si formano durante l'effetto anodico (EA) e si ritrovano sotto forma di tetrafluormetano (CF_4) e di esafluoroetano (C_2F_6) in un rapporto CF_4/C_2F_6 approssimativamente di 10/1. I PFC non possono essere rimossi dai gas con le tecnologie esistenti. L'effetto anodico si verifica quando il contenuto di allumina scende sotto l'1-2% e un film di gas si forma attorno all'anodo: questo fatto ferma la produzione e fa aumentare il voltaggio delle celle da 4-5 a 8-50 Volts. I fattori che influenzano la generazione di PFC sono la frequenza e la durata dell'effetto anodico e la corrente nelle celle. Il controllo del voltaggio delle celle e l'aggiunta di allumina sono il maggior fattore di controllo dell'effetto anodico.
Le emissioni dei PFC nei moderni impianti possono essere minimizzate dall'utilizzo di un'alimentazione semicontinua di allumina (point feeding) e da un attento controllo di processo. Questi impianti possono operare in condizioni operative tali da ottenere emissioni tra 0,02 e 0,1 kg di PFC/t di alluminio prodotto corrispondenti a frequenze di effetti anodici pari a 0.1-0.5 EA per cella per giorno.

Catrame e IPA

Le emissioni di catrame e IPA durante la elettrolisi sono trascurabili per impianti PB. Quantità molto piccole di catrame e IPA possono essere emesse da un limitato numero di impianti PB che utilizzino pasta di carbone come materiale di collegamento per l'asta dell'anodo (tecnologia non applicata in Italia) e per i collari di protezione dei nippli anodici. Misure effettuate durante il preriscaldo delle celle indicano che le quantità sono trascurabili.
Una sorgente di catrame e IPA è costituita dal processo di preparazione anodi, realizzato in una unità separata negli impianto PB.

Composti dello zolfo

Gli anodi correntemente usati hanno un contenuto di zolfo compreso tra 1 e 3%. Lo zolfo reagisce con l'ossigeno e si ritrova nelle emissioni come biossido di zolfo o come COS. Le emissioni di biossido di zolfo possono stare nel range di 8-30 kg/ton di alluminio prodotto, basato su un consumo dell'anodo pari a 0,4 tonnellate per tonnellata di alluminio prodotto e sui contenuti di S nel coke sopracitati. La quota parte di COS presente corrisponde a circa il 10% dello S presente nell'anodo.

Le emissioni di SO_2 attraverso il sistema di ventilazione sono di 0,2-0,6 kg per tonnellata di alluminio prodotto equivalente ad una concentrazione di 0,1-3 mg/Nm^3. Le emissioni che provengono dal sistema di captazione gas di processo delle celle sono di 50-400 mg/Nm^3 in assenza di abbattimento a umido e di 5-40 mg/Nm^3 dopo l'eventuale abbattimento a umido.

Polveri

L'allumina e la criolite sono le principali fonti di emissione di polveri durante l'elettrolisi. La polvere totale dipende dal tipo di processo applicato e dal tipo di allumina e in genere si ha un range di 0,6-10 kg per tonnellata di alluminio prodotto. Le concentrazioni tipiche di emissioni attraverso il sistema di ventilazione della sala di elettrolisi sono di 0,5-5 mg/Nm^3. Le emissioni delle polveri provenienti dal sistema di aspirazione delle celle sono di 150-500 mg/Nm^3 prima dell'abbattimento e di 1-20 mg/Nm^3 dopo l'abbattimento.

Le operazioni di colata in fonderia rappresentano un'altra fonte potenziale di emissione di polveri (e metalli) e i fumi della fonderia vengono normalmente captati e, se necessario, trattati. Gli studi effettuati per rilevare la presenza di diossine nelle fonderie a servizio degli impianti di elettrolisi, hanno rilevato dei livelli di emissioni irrilevanti e comunque al di sotto di 1 g/anno.

Metalli

I metalli si trovano come tracce nell'allumina e nel fluoruro d'alluminio e possono essere emessi durante l'elettrolisi. Il tellurio viene estratto durante la produzione dell'allumina in un insediamento europeo, mentre altri metalli volatili possono anche essere presenti nelle emissioni della sala di elettrolisi e della fonderia.

Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto sono prodotti durante l'elettrolisi per il contenuto di azoto nell'anodo che, ossidandosi, si trasforma in NO_X. L'azoto contenuto nell'anodo generalmente è dello 0,2-0,4%. Quando l'azoto è completamente convertito in NO_X, le emissioni possono essere di 0,5-2 kg di NO_2/ton. di alluminio prodotto (concentrazione di 5-20 mg/Nm^3 al camino).

Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) si libera durante l'elettrolisi; la reazione ($2Al + 3CO_2 \rightarrow Al_2O_3 + 3CO$) tra l'alluminio metallico (dissolto nell'elettrolita) e la CO_2 prodotta all'anodo abbassa l'efficienza delle celle elettrolitiche. Nelle celle moderne la generazione di CO prima della riossidazione in CO_2 è di 100–150 kg/t di alluminio prodotto. La produzione di CO aumenta durante l'effetto anodico, ma una volta emesso viene rapidamente riossidato a CO_2.

Biossido di carbonio

Il biossido di carbonio (CO_2) si forma durante l'elettrolisi attraverso la reazione tra il carbone dell'anodo e l'ossigeno liberatosi durante il processo di elettrolisi e una reazione secondaria con l'aria. Un impianto PB efficiente consuma circa 0,4 tonnellate di carbone anodico per tonnellata di alluminio prodotto, corrispondente a circa 1,7 tonnellate di CO_2 per tonnellata di alluminio prodotto.

Riepilogo delle principali emissioni in atmosfera (Elettrolisi)

Le principali emissioni in atmosfera connesse alla produzione di alluminio primario, sono riportate nella tabella che segue, che riassume anche in base a dati di letteratura tecnica la loro significatività, le principali sorgenti ed i comuni range.

Principali emissioni in atmosfera dei processi di produzione dell'alluminio primario

Componente	Flusso convogliato dei gas, al camino, proveniente da celle Pre Bake	Sistema di ventilazione	Fusione	Raffina-zione	Colata	Degas-sing
Fluoruri gassosi (HF) (kg/ton Al)	● 0.15-2.0	●●● 0.4-0.8		●		● (cloruri gassosi)
Fluoro totale (kg/ton Al)	● 0.3-4.0	●●●				
PFC (CF_4/C_2F_6) (kg/ton Al)	●●● 0.02-1.0*	●				
Catrame ed IPA (B(a)P) (g/ton Al)	● **	●● **				
SO_2 e composti di zolfo **(senza scrubber)** (kg/ton Al)	●● 10-30	0.2-0.6				●
SO_2 e composti di zolfo (con wet scrubber) *** (kg/ton Al)	●● 1.0-3.5***					
Polvere (kg/ton Al)	● 0.6-7	●			●	●
Metalli	●	●			●	
NOx (kg/ton Al)	● 0.5-2					
CO_2 (ton/ton Al)	●● 1.4-1.6	●	●			●

Note:

* Negli impianti PB più moderni.

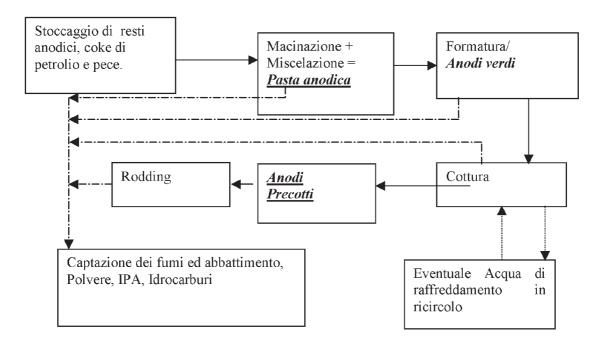
**	Il catrame e gli IPA riguardano i processi Prebake con un processo di produzione anodi integrato .
***	In Scandinava, con celle tipo Soderberg, generalmente si usa un wet scrubber dopo un dry scrubber per rimuovere la SO_2, di solito associato all'impiego di acqua mare come fluido di lavaggio
	••• Livelli più significativi .... • Livelli meno significativi

Gas Serra

Il contributo all'effetto serra, attribuibile alla produzione di alluminio primario nei processi PB, risulta dalla generazione di CO_2 o CO_2 equivalente, sia come emissione intrinseca durante il processo elettrolitico (combustione degli anodi ed effetto anodico) che come prodotto di combustione di fuel per la produzione di allumina e per la generazione di energia elettrica da combustibili fossili.

La generazione di PFC è stata considerevolmente ridotta negli ultimi 10 anni attraverso un progressivo miglioramento del controllo di processo e della frequenza e durata degli effetti anodici: a livello europeo globale i calcoli mostrano una riduzione complessiva da 15 milioni di t di CO_2 equivalente nel 1990 a meno di 6 milioni di CO_2 equivalente nel 2000.

Emissioni in atmosfera: produzione anodi

Circa il 40% della pece usata come legante dell'impasto anodico viene volatilizzato durante la cottura e più del 95% degli idrocarburi volatili vengono bruciati dalle alte temperature presenti nei forni. Saranno pertanto presenti delle emissioni residuali di idrocarburi e di IPA. I potenziali punti di emissioni dai diversi processi sono riportati nello schema seguente.

I gas generati dai forni vengono trattati alternativamente con lavaggi ad umido, abbattimenti a secco con utilizzo di coke, post-combustori e precipitatori elettrostatici ad umido. Nel caso in cui la produzione anodi sia integrata con la produzione elettrolitica di alluminio, l'abbattimento può avvenire attraverso contatto con allumina in un sistema di filtri a maniche. La polvere generata dai processi meccanici e dal trasporto viene captata con dei filtri a manica.

L'energia iniziale per la produzione di anodi è di circa 2300 MJ per tonnellata di prodotto, valutata in funzione del combustibile utilizzato.

COV, idrocarburi e IPA

Si possono avere emissioni di idrocarburi durante la movimentazione pece, la miscelazione e la cottura. La pece contiene inoltre degli IPA, che rappresentano un importante aspetto ambientale. Nei moderni impianti, le emissioni di sostanze organiche dalla miscelazione e dalla cottura, sono abbattute in sistemi di trattamento con filtri a maniche che utilizzano come "reagente" allumina o coke, poi reimmessi in ciclo. Alternativamente vengono usati post-combustori e precipitatori elettrostatici ad umido, in funzione della complessità del sito e dalla capacità produttiva.

Polvere

L'emissione di polvere avviene durante tutte le fasi del processo (stoccaggio, trasferimento, miscelazione, macinazione e cottura). I metodi di abbattimento sono influenzati dalle caratteristiche delle polveri che possono essere molto fini ed abrasive.

Gas di combustione

Ci sono potenziali emissioni di ossidi di carbonio ed ossidi di zolfo ed azoto. In funzione delle caratteristiche del sito, si possono ridurre le emissioni con l'ottimizzazione delle condizioni di combustione, l'uso di bruciatori a bassa emissione di NO_X e con la scelta del combustibile.

SO_2

Lo zolfo è contenuto nelle materie prime e talvolta nel combustibile, di conseguenza l'SO_2 viene emesso in quantità variabili da 0.5 (gas) a 2 kg (olio combustibile) per tonnellata di alluminio in funzione del tipo di combustibile. Tali emissioni sono comunque molto inferiori rispetto ai valori di SO_2 generato durante l'elettrolisi.

Fluoruri (produzione di anodi da resti anodici)

I fluoruri sono emessi quando anodi esauriti (leggermente contaminati da fluoruri) provenienti dall'elettrolisi sono utilizzati nella miscela per la produzione di anodi. L'emissione di fluoruri dalla cottura degli anodi è irrilevante (in presenza di impianto di abbattimento) e corrisponde circa all'1% di quella generata in elettrolisi.

Diossine

Nella fabbricazione degli anodi l'emissione di diossine non è normalmente rilevata.

Riepilogo delle principali emissioni in atmosfera (Produzione Anodi)

Significatività delle emissioni in atmosfera del processo di produzione anodi				
Componente	**Magazzinaggio e manipolazione**	**Macinazione e triturazione**	**Miscelazione e formazione**	**Cottura**
SO_2				●●[1&2]
Alogenuri	●	●	●	●
Idrocarburi IPA	●●●[5] ●[6]	●	●●	●●●
Cianuri				●●[4]
NOx				●●[2]
Polvere	●●	●●●	●●	●

●●● Livelli di emissioni più significativi ● Livelli di emissioni meno significativi

1 Con le materie prime che contengono zolfo
2 Gas di combustione
3 *N.A.*
4 Con fibre di carbone
5 Alte concentrazione durante la carica. Pitch solido.
6 Alte concentrazione durante la carica. Pitch liquido.

Intervalli di emissione per un numero di processi del carbonio e grafite			
Fonte	**Tecnica di abbattimento**	**Inquinante**	**Intervallo di concentrazione** (mg/Nm^3)
Deposito del materiale e manipolazione del coke	Ciclone	Polvere	20-150
	Filtro a tessuto	Polvere	1-90
Deposito del materiale e manipolazione della pece	Back-Venting dei gas durante carico, Condensazione	Idrocarburi	1-75
Macinazione e miscelazione	Post-combustore	Polvere	1-15
		Idrocarburi	1-100
		IPA	0.007-8.0
		Benzene	0.06-0.25
	Adsorbitore	Polvere	1-50
		Idrocarburi	19-150
		IPA	0.1-1.0
	Scrubber	Polvere	10-50
		Idrocarburi	20-150
		IPA	0.1-1.0
Cottura	PE adsorbitore	Polvere	2.5-90
		Idrocarburi	50-250
		IPA	0.003-6
		Benzene	1-11
	Post-combustore – Ossidatore termico	Polvere	1-40
		Idrocarburi	2-17

Intervalli di emissione per un numero di processi del carbonio e grafite			
Fonte	**Tecnica di abbattimento**	**Inquinante**	**Intervallo di concentrazione** (mg/Nm^3)
	convenzionale (CTO)	IPA	0.003-0.2
		Benzene	0.15-7.5
		SO_2	20-100
		NOx	50-250
	Lavaggio a secco (allumina-carbone/calce)	Polvere	<1-14
		Idrocarburi	1-135
		IPA	0.002-55
		Idrocarburi	1-25

Emissioni negli effluenti liquidi

La produzione di alluminio primario è sostanzialmente un processo “a secco” senza produzione diretta di un effluente acquoso. Gli effluenti sono solitamente limitati ad acqua di raffreddamento e allo scarico di acque meteoriche.
Le acque meteoriche possono essere contaminate dallo stoccaggio all’aperto di materie prime o di residui solidi.

Rilasci globali dal processo elettrolitico nelle acque meteoriche sono i seguenti.

- Fluoruri (kg/tAl) 0 – 3.0
- Solidi sospesi (kg/tAl) 0 – 6.0
- IPA, (Bonheff 6) (g/tAl) 0 – 0.01

I principali flussi d’acqua individuabili sono essenzialmente due.

1. Le acque per il raffreddamento indiretto negli scambiatori di calore dell’impianto di conversione vengono approvvigionati con flusso continuo di acqua di mare, con portate sino a 1500 m^3/h in funzione delle caratteristiche di temperatura richieste. Le acque vengono convogliate all’interno degli scambiatori di calore, in circuiti dedicati che impediscono il contatto con possibili fonti di contaminazione e, successivamente, scaricate in mare con caratteristiche del tutto simili a quelle dell’acqua prelevata, ad eccezione del parametro temperatura. Non si evidenzia pertanto alcuna necessità di trattamento.

2. Le acque dolci utilizzate per il raffreddamento del metallo durante le operazioni di colata in fonderia fanno parte di un circuito completamente separato dal precedente. L’approvvigionamento avviene tramite pozzi o da corpi idrici superficiali; dopo un pre-trattamento di grigliatura e sedimentazione (o filtrazione), tali acque vengono spruzzate direttamente sul metallo per il raffreddamento durante la colata. I consumi d’acqua possono variare in funzione del grado di apertura dei circuiti di raffreddamento con portate che variano dai 50 mc/h per il reintegro dell’evaporazione e degli spurghi nei circuiti chiusi ad oltre 500 mc/h per i circuiti completamente aperti che non prevedono il ricircolo delle acque. In entrambi i casi,

il contatto diretto col metallo non genera contaminazioni significative. Per i circuiti particolarmente chiusi, si può rendere necessario un trattamento di sedimentazione/ispessimento per i fanghi di controlavaggio dei filtri che trattano l'acqua di reintegro oppure un trattamento chimico/fisico degli spurghi del circuito, per eliminare solidi sospesi e tracce di metalli. In assenza di acque di reintegro sufficientemente prive di elementi salini, talvolta vengono realizzati dei trattamenti ad osmosi inversa per l'addolcimento delle acque di reintegro dei cicli chiusi, con conseguente generazione di flussi d'acqua concentrati in cloruri da inviare direttamente allo scarico a mare.

Anche la produzione di anodi è prevalentemente un processo a secco. Lo scarico di acque di processo è generalmente limitato alle acque di raffreddamento che, generalmente hanno un sistema separato.
L'acqua viene utilizzata per raffreddare gli anodi in uscita dalla formatura e dalla cottura, mediante contatto diretto. Generalmente i sistemi di raffreddamento sono a circuito chiuso con un eventuale trattamento chimico fisico degli spurghi per l'eliminazione dei solidi sospesi (principalmente carbone). I consumi d'acqua variano in funzione del grado di apertura del circuito di raffreddamento e le portate di punta possono variare dai 5 m^3/h ai 100 m^3/h.
Le acque di pioggia che dilavano i piazzali ed i tetti possono contenere carbone e solidi. Gli stoccaggi all'aperto di materie prime e di materiali solidi sono delle potenziali sorgenti di contaminazione. L'utilizzo di silos e sistemi di trasporto chiusi sono pratiche comuni che riducono le contaminazioni delle acque di pioggia.

Produzioni di rifiuti solidi

I principali residui della produzione dell'alluminio primario sono:

- le Spent Pot Lining (SPL) – 20-30 kg/tAl - derivanti dalla demolizione delle celle composte da due frazioni principali: la parte carboniosa ed il materiale refrattario;
- le schiumature dell'alluminio prodotte in fonderia.

La tabella che segue (tratta dal BRef comunitario) riporta un esempio di composizione tipica delle SPL.

Sostanza	**Frazione carboniosa (primo taglio)**	**Materiale refrattario (secondo taglio)**
	Range (% peso)	
Al_2O_3	0-10	10-50
C	40-75	0- 35
Na	8-17	6- 18
F	10-20	4- 18
CaO	1-6	1-8
SiO_2	0-6	10-50
Alluminio metallico	0-5	0

Sostanza	**Frazione carboniosa (primo taglio)**	**Materiale refrattario (secondo taglio)**
	Range (% peso)	
CN	0.01-0.5	0-0.1
CN, libero	0-0.2	0-0.05

La demolizione della cella inizia in seguito alla messa fuori servizio della stessa da parte del reparto elettrolisi. La demolizione può avvenire direttamente nel raparto di elettrolisi o in un impianto dedicato. In alcuni casi, durante le operazioni di smantellamento, il materiale di risulta viene separato in funzione delle caratteristiche (i cosiddetti "primo taglio" a prevalente matrice carboniosa ed il "secondo taglio" a prevalenza di materiale refrattario). Al termine della demolizione viene collocato in cassoni o sui camion per il trasporto interno nell'area di deposito, previa verifica che i mezzi di trasporto siano asciutti, puliti e copribili, al fine di limitare al minimo la diffusione di polveri nell'ambiente. L'area di stoccaggio interna viene realizzata in funzione delle caratteristiche richieste per evitare la contaminazione del suolo, della falda e delle acque meteoriche e periodicamente deve essere ispezionata per verificare che non vi siano infiltrazioni d'acqua e/o rilasci di eventuale percolato. La movimentazione ed il trasporto verso lo smaltimento od il recupero viene effettuato mediante mezzi autorizzati al trasporto delle merci pericolose. Le possibili destinazioni finali sono svariate, dallo smaltimento in discarica a svariati riutilizzi in altri comparti industriali o all'utilizzo come comburente. Attualmente in Italia si privilegia il recupero delle SPL nell'ambito dell'industria dell'acciaio e del cemento.

Le schiumature sono residui con un alto contenuto di alluminio (30-80%) e vengono usate come materia prima nella produzione dell'alluminio secondario.

Quantità di residui dalla produzione dell'alluminio primario (tratta dal BRef comunitario)	
Fonte	**Quantità (kg/ton alluminio)**
Schiumature	15-25
SPL	20-30
Altri residui pericolosi	7-15
Residui non pericolosi	12-14

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

In questo capitolo vengono riassunte sotto forma tabellare alcune delle tecniche che possono essere adottate per prevenire e ridurre le emissioni, la produzione di residui e rifiuti e per minimizzare i consumi energetici; tutte queste tecniche sono al momento disponibili e di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazione.

Le tecniche applicabili possono derivare anche da altri settori come nel caso della riduzione di composti carboniosi o degli IPA; in ogni caso queste devono essere valutate caso per caso in quanto fortemente dipendenti dalla tipologia e disponibilità della materia prima utilizzata e dai processi in uso.

Inoltre, dato lo sviluppo relativamente recente dei processi di produzione primaria, bisogna considerare i miglioramenti realizzati nel campo dei sistemi di controllo operativo, di alimentazione materie prime o anche dei sistemi di contenimento ed abbattimento.

Nell'ottica di evitare ridondanze concettuali, maggiori dettagli su tali tecniche o informazioni specifiche sono state direttamente inserite nel capitolo relativo alle BAT.

Modalità di Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento delle materie prime

La tabella successiva riporta le tecniche adottate per le varie tipologie di materiali.

Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento per l'alluminio primario				
Materiale	**Stoccaggio**	**Movimentazione**	**Pretrattamento**	**Note**
Allumina e coke	Aree coperte, silos	Nastri trasportatori coperti. Trasporto pneumatico		
Combustibili, altri oli e pece	Serbatoio o fusti in aree confinate	Idonee tubazioni o sistemi manuali	Stoccaggio e tubazioni riscaldate	Ricircolo gas di movimentazione
Cloro o miscele contenenti cloro	Serbatoi a pressione omologati	Metodi riconosciuti		
Prodotto finito (lingotti, placche, billette, ecc.)	Stoccaggio all'aperto			
Residui di processo da recuperare (es. schiumature)	Al coperto o al chiuso in funzione della produzione	Dipende dalle condizioni		Le schiumature e le scorie devono stare all'asciutto . Idoneo sistema

Stoccaggio, movimentazione e pre-trattamento per l'alluminio primario				
Materiale	**Stoccaggio**	**Movimentazione**	**Pretrattamento**	**Note**
	di polvere			di drenaggio
Rifiuti a smaltimento	Al coperto o in reparti chiusi, sigillato in fusti o container in funzione della pericolosità	Dipende dalle condizioni		Idoneo sistema di drenaggio

Le schiumature ed altri residui ricchi in metallo destinati a recupero all'esterno, dovrebbero essere raffreddati preferibilmente in atmosfera inerte e stoccati in ambiente asciutto, o comunque adatto alle caratteristiche del materiale.

Fonderie associate alla produzione di alluminio primario

Le modalità operative da utilizzare nelle fonderie associate alla produzione di alluminio primario, possono essere mutuate, per quanto applicabile, dalle BAT elaborate per la produzione di alluminio secondario, come ad esempio qualora la produzione di metallo venga integrata dalla rifusione di materiale di riciclo (rottami esterni).

I sistemi di fusione sono solitamente *forni a riverbero* le cui caratteristiche sono riportate nel capitolo dell'alluminio secondario.

Nel caso di impiego anche di rottami, in aggiunta al metallo elettrolitico le modalità operative da tenere presente per l'individuazione delle BAT sono ad esempio le seguenti:

- operare un approvvigionamento selettivo del rottame che consenta la disponibilità di materiale di qualità;
- operare ispezioni in ingresso sul materiale approvvigionato per eliminare situazioni di indesiderata contaminazione, ad esempio da olio;
- selezionare preventivamente il rottame, prima delle varie cariche;
- utilizzare cappe e sistemi di estrazione dei fumi per minimizzare le emissioni fuggitive.

Nei processi di raffinazione e colata nelle fonderie associate al primario sono previsti:

- utilizzo di miscele contenenti cloro, argon o azoto come agenti di degasaggio o per la riduzione del magnesio; in questo caso si potrebbe rendere necessaria la captazione e la depurazione dei fumi acidi prodotti;
- degasaggio e filtrazione del metallo liquido in linea utilizzando filtri ceramici.

Acque reflue e residui di processo

La problematica delle acque reflue deve essere affrontata considerando le singole situazioni e necessità locali. Gli scarichi provenienti dal processo produttivo dovrebbero essere trattati per separare i solidi sospesi, gli eventuali oli e composti inorganici disciolti; in alcuni siti viene effettuato il riciclo delle acque di raffreddamento e di dilavamento dei piazzali.
Le tecniche che privilegiano il riutilizzo dei residui di processo devono essere considerate tecniche BAT.

Considerazioni generali per la definizione delle MTD per il settore della produzione primaria di alluminio

Prima di passare alla definizione delle migliori tecniche disponibili nel settore, è opportuno richiamare il lettore alla valutazione attenta dei criteri per la selezione ed adozione delle tecniche che sono rappresentati i un successivo capitolo di questo documento.
Nel settore dell'alluminio primario occorre considerare che ci si riferisce ad unità impiantistiche entrate in esercizio nei primi 70, quindi con una vita operativa ormai ultra trentennale, cui sono stati, nel tempo, apportati numerosi ammodernamenti a partire dagli anni 80, con l'attuazione progressiva delle migliori tecnologie all'epoca disponibili. Pertanto le rese ambientali ottenibili, pur collocandosi nella fascia medio-alta dell'intervallo di performance previsto, nonostante l'utilizzo di criteri gestionali moderni, non sempre raggiungono i valori estremi dell'intervallo di prestazione in impianti "state of the art" attuali.

Movimentazione e stoccaggio delle materie prime

Le tecniche BAT applicabili sono analoghe a quelle dell'alluminio secondario, a cui si rimanda.

Produzione elettrolitica dell'alluminio

Per la fase di produzione elettrolitica dell'alluminio primario è possibile definire una BAT in termini di processo. La tecnologia Prebake ad alimentazione centrale (CWPB), associata ad un sistema di alimentazione puntuale (point-feeding) dell'allumina, è considerata BAT per la produzione dell'alluminio.

Tale processo avrà le seguenti caratteristiche.

- Controllo di processo computerizzato basato su un data base delle celle attive e sul monitoraggio dei parametri operativi per minimizzare il consumo energetico e ridurre il numero e la durata degli effetti anodici. Il valore minimo di effetti anodici teoricamente raggiungibile è comunque funzione della tecnologia adottata e lo stesso BRef indica come intervallo raggiungibile, per le celle moderne, 0.1-0.5 AE/ giorno cella. Gli impianti italiani sono partiti negli anni '70 con valori tipici di progetto pari a 1 AE/giorno-cella e, attraverso investimenti tecnologici effettuati in passato, marciano attualmente stabilmente sotto il valore di 0.4 AE/giorno-cella. Ulteriori miglioramenti tecnologici che intervengano sulla stabilità del processo, già

sperimentati su altri impianti europei, ma non ancora in Italia, potrebbero portare a raggiungere il valore minimo (per celle di vecchia concezione sottoposte a continui ammodernamenti) pari a 0.2 AE/giorno-cella.

- Copertura completa delle celle, collegata ad un sistema indipendente di captazione e di abbattimento fumi (filtro). Utilizzo di dispositivi di copertura sufficientemente robusti e velocità di estrazione adeguata. Stoccaggio in ambiente chiuso dei resti anodici in raffreddamento.
- Efficienza di captazione fumi dalle celle 99% sul lungo periodo per le celle di nuova progettazione. Le celle progettate negli anni '70 sono infatti nate prive di copertura, installata successivamente a cavallo degli anni '90. In questi casi le operazioni di cambio anodo e la tenuta dei sistemi di copertura conferiscono una efficienza intrinseca di captazione inferiore, tuttavia attraverso la minimizzazione del tempo impiegato per l'apertura delle celle ed il cambio anodo si possono raggiungere livelli di captazione intorno al 98%.
- Impiego di un sistema efficiente di pulizia al Rodding per il recupero dei fluoruri e della parte carboniosa dell'anodo. Utilizzo di un sistema efficace di estrazione e filtrazione nel reparto.
- In caso sia richiesto su base locale, regionale o a seguito di programmi di salvaguardia ambientale di lungo periodo, la riduzione della SO_2 è ottenibile mediante utilizzo di coke a basso tenore di S per gli anodi (qualora sia attuabile in relazione a fattori tecnologici e di mercato), o adozione di un sistema di abbattimento della SO_2. L'adozione di sistemi dedicati di abbattimento dovrà essere valutata in termini di impatto ambientale globale e di interazione con altri comparti ambientali per evitare il trasferimento in fase liquida del carico inquinante o la generazione di elevati quantitativi di residui e comunque un forte aumento (circa il doppio) del carico energetico relativo ai sistemi di abbattimento.
- Sistema di abbattimento ad allumina associato ad un filtro a maniche per l'abbattimento della polvere, dei fluoruri gassosi e del particolato dai gas di processo in elettrolisi. L'efficienza di abbattimento del fluoro totale dei nuovi sistemi di adsorbimento ad allumina dovrebbe essere >99.8 % (> 98 % per i reattori esistenti, vedi paragrafo successivo sulle emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT) e l'allumina riutilizzata nel processo elettrolitico.
- In presenza di un impianto di produzione anodi integrato con l'elettrolisi, i gas di processo del forno di cottura dovrebbero essere trattati in un impianto di abbattimento ad allumina (con filtro a maniche a valle) con riciclo dell'allumina alle celle elettrolitiche.
- Sistema di abbattimento a coke, associato a filtro a maniche, delle emissioni nel reparto mescola e formatura della fabbrica anodi.
- Esistenza di un sistema di gestione ambientale, controllo operativo e gestione della manutenzione.

Produzione Anodi

Non è possibile definire un singolo processo come BAT di questa attività, in quanto la scelta del processo è fortemente correlata alle caratteristiche fisico/chimiche del prodotto finale. Con le tecniche descritte nei capitoli precedenti, se utilizzate in associazione ai sistemi di abbattimento ben progettati e ben gestiti, si possono ottenere performance ambientali similari.

Altre fasi del processo produttivo

Le tecniche già richiamate nel capitolo relativo alla individuazione delle migliori tecniche, possono essere considerate BAT e vengono riassunte nella tabella che segue.

Altri fasi di processo considerate come BAT per la produzione di alluminio primario		
Fase del processo	**Tecnica BAT**	**Note**
Raffinazione	Utilizzo di miscela di cloro e Ar/N_2 o sali (AlF_3)	Copertura con gas inerte o pressatura scorie
Trattamento schiumature	Copertura, raffreddamento in tamburi sigillati o pressatura delle scorie	Scorie umide possono rilasciare gas ammoniacali in presenza d'acqua
Mantenimento e degasaggio del forno	Captazione dei fumi dai forni e , se necessario, raffreddare ed utilizzare filtri a manica	

Captazione gas e abbattimento

I sistemi di captazione devono basarsi su una buona tenuta delle apparecchiature e, in particolare per le celle elettrolitiche, essere progettati per mantenere una adeguata depressione che minimizzi perdite ed emissioni fuggitive.

La raccolta secondaria dei fumi è caratterizzata da elevati costi e consumi energetici: è spesso più attuabile e preferibile un sistema di captazione "intelligente" e mirato in grado di catturare ogni emissione alla fonte e per tutta la sua durata, in modo da minimizzare i consumi energetici.

Altri criteri generali riguardano il recupero di calore a monte dei filtri a maniche, l'impiego di materiali filtranti ad alte prestazioni per ridurne il deterioramento e sistemi di pulizia in linea

L'impiego di allumina come fluido di adsorbimento (F e HF) con il riciclo alle celle della allumina esausta è considerato BAT.

Nella tabella seguente sono riassunte le tecniche BAT per la depurazione delle emissioni nell'alluminio primario.

Modalità di abbattimento delle emissioni considerate BAT per la produzione di alluminio primario				
Fase del processo	**Captazione dei fumi**	**Filtro a maniche**	**Rimozione IPA**	**Rimozione VOC**
Materie prime	* Se polverosa	* Se polverosa		
Elettrolisi	*	* con Dry Scrubber ad allumina		
Impianto Anodi integrato	*	*	*	*

Forni di attesa e degasaggio	*	* (se necessario)		

Nella tabella che segue sono indicati i potenziali inquinanti associati ad altre fasi del processo ed una panoramica delle tecniche applicabili.

Sintesi dei potenziali inquinanti associati alle singole fasi del processo e opzioni di trattamento		
Fase del processo	**Inquinante**	**Tecniche di abbattimento disponibili**
Movimentazione materie prime	Polvere	Prevenzione e corretto stoccaggio. Captazione polveri e filtri a maniche
Pretrattamento materie prime	Polvere Composti organici*	Corretto pretrattamento Captazione polveri e filtri a maniche . gestione del processo, Postcombustore e corretto raffreddamento dei gas
Produzione elettrolitica (smelter primario). Fusione secondaria	Polvere , Fluoruri, PFCs, SO2	Gestione del processo e captazione gas, adsorbimento su allumina seguito da filtro a maniche, trattamento a umido del gas se necessario)
Mantenimento/raffinazione e colata	Polvere, alogenuri e metalli Composti organici*	Gestione del processo, Captazione e depurazione gas Gestione del processo, Postcombustione e corretto raffreddamento
Formatura anodi	Polveri, Idrocarburi, PAH	Post combustore, adsorbimento su coke.
Cottura Anodi	Polveri, Idrocarburi, IPA, SO2	Post combustore, Abbattimento a secco con allumina o coke/calce.
Nota: (*) i composti organici includono i VOC come carbonio totale (escluso CO) e le diossine		

Valori in emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT

Le emissioni in atmosfera provenienti dai processi produttivi sono comprensive delle emissioni convogliate e depurate, e di quelle fuggitive o non captate. Gli attuali e moderni sistemi di depurazione se correttamente gestiti, assicurano un'efficiente rimozione degli inquinanti e al momento attuale le informazioni disponibili indicano che le emissioni fuggitive possono rappresentare il contributo maggiore all'emissione globale in atmosfera. Le emissioni fuggitive devono essere valutate caso per caso ed un valido strumento di misura può essere rappresentato dalla efficienza di captazione dei

fumi e, in particolare per l'elettrolisi, monitorando che l'efficienza di captazione dalle celle, mediata sul lungo periodo, tenda al 99%.

HF e Fluoro Polveri

La BAT per l'abbattimento dell'acido fluoridrico è costituita dall'adsorbimento su allumina seguito da una filtrazione su sistemi a maniche. L'efficienza di abbattimento dell'acido fluoridrico nell'ambito della BAT è funzione del tipo di reattore adottato. I reattori di ultimissima generazione si basano sul concetto *ALSTOM-ABART* che consiste nell'iniettare l'allumina fresca separatamente e a contatto con i gas "depurati" dal contatto con quella fluorata ricircolante: in tal modo il reagente più attivo viene messo a contatto con concentrazioni di HF più basse e quindi più difficili da trattare, raggiungendo concentrazioni di HF inferiori a 0.2 mg/Nm^3. Altri tipi di reattori si basano invece sul principio venturi nel quale viene iniettata l'allumina fresca e nel quale oltre ai raw gas fluisce anche l'allumina riciclata, già abbondantemente satura di F. In tali impianti si possono raggiungere concentrazioni di HF intorno a 0.6 mg/Nm^3 e, conseguentemente, di fluoro totale inferiori a 1,5 mg/Nm^3 (mantenendo la proporzione 40% HF e 60% F polveri ipotizzata come tipica dal BRef).

Polveri

Le emissioni più significative della produzione primaria di alluminio sono rappresentate dai camini dell'elettrolisi, dai forni cottura anodi e formatura anodi. All'interno dei siti di alluminio primario esistono tuttavia numerosi processi accessori dotati di filtri a maniche (tecnologia BAT), ma dimensionati con valori di targa in linea con gli attuali limiti di legge. Per tali tipologie di sistemi filtranti, l'adeguamento alle prestazioni richieste dalle BAT attuali potrà avvenire quasi esclusivamente tramite sostituzione dei sistemi filtranti attraverso piani di adeguamento il cui termine temporale sarà anche funzione degli investimenti richiesti. Una gestione ottimale di tali sistemi accessori dovrà comunque attestarsi nel range di concentrazione 5-10 mg/Nm^3.

La tabella che segue riassume, le performance ambientali, raggiungibili al camino, associate all'uso delle BAT per la produzione di alluminio elettrolitico e per la produzione di anodi integrata.

Prestazioni ambientali associate all'uso delle BAT per la produzione di alluminio elettrolitico (sala elettrolisi)			
Inquinante	**Migliori performance associate all'uso delle BAT**	**Tecniche utilizzabili per raggiungere tale range**	**NOTE**
Polvere	< 5 mg/ Nm^3	Filtro a maniche	Dipende dalle caratteristiche della polvere
SO_2	Non applicabile	Controllo del contenuto in zolfo degli anodi	Soggetto a vincoli di processo (prestazione anodo)
Idrocarburi polifluorurati	Effetto anodico per cella per giorno 0.2 –0.4	Controllo di processo computerizato	<0.1 kg /t Al

		basato su data base sulle celle attive	
HF e Fluoruri totali	HF < 0.2 mg/Nm^3 Ftot < 0.5 mg/Nm^3	Adsorbimento su allumina con reattori ABART e filtro a maniche	
	HF < 0.6 mg/Nm3 Ftot < 1.5 mg/Nm^3	Adsorbimento su allumina con reattori VENTURI e filtro a maniche	
Nota: la tabella prende in esame le sole emissioni convogliate. I valori delle emissioni associate alle BAT sono riportati come valori giornalieri basati su monitoraggio continuo nel periodo considerato. Ove il monitoraggio continuo non sia praticabile, il valore rappresenterà la media delle misure nel periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento utilizzato, nella progettazione dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche del gas e della polvere insieme alla corretta temperatura di funzionamento.			

Prestazioni ambientali associate all'uso delle BAT per le diverse fasi della produzione anodi				
Fonte	**Inquinante**	**Migliori performance associate all'uso delle BAT**	**Tecniche utilizzabili per raggiungere tale range**	**NOTE**
Stoccaggio di pece e carbone	Polveri	< 5 mg/Nm^3	Ciclone o filtro a maniche	Funzione delle caratteristiche delle polveri
		< 30 mg/Nm^3	Unità di filtrazione ad uso esclusiovo dei silos	
	Idrocarburi Volatili	<10 mgC/Nm^3	Condensatore, adsorbimento, back venting dei gas durante scarico	
	Idrocarburi Condensabili	<50 mgC/Nm^3		
Miscelazione formatura	Polveri	< 5 mg/Nm^3	Ciclone o filtro a maniche	Funzione delle caratteristiche delle polveri
	IPA (VD_I)*	<10 µg/Nm^3	Postcombustore	
	IPA (VD_{I+II})*	<100 µg/Nm^3	Postcombustore, Adsorbimento/scrubber a secco	
	Idrocaruri Totali	<5 mgC/Nm^3	Postcombustore	
		<25 mgC/Nm^3	Adsorbimento/scrubber a secco	

	SO2	50-200 mg/Nm^3	Scrubber ad umido o a secco (alcalino)	Solo se S viene aggiunto alla mescola o per contenuti elevati di S nel combustibile.
Cottura Anodi* **	Polveri	< 5 mg/Nm^3	Filtro a maniche	Funzione delle caratteristiche delle polveri
	BaP** Benzo a-pirene	< 0.5 µg/Nm^3	Adsorbimento su allumina e filtro a maniche	Modalità e lista degli IPA da uniformare alla normativa nazionale. Il BaP è usato esclusivamente come indicatore
	IPA (OSPAR$_{11}$)*	< 200 µg/Nm^3	Adsorbimento su allumina e filtro a maniche	
	Idrocarburi Volatili	< 25 mgC/Nm^3	Adsorbimento su allumina e filtro a maniche	
	Idrocaruri Totali	< 25 mgC/Nm^3	Adsorbimento su allumina e filtro a maniche	Per analogia ai valori di emissione della formatura
	HF	<0,2 mg/Nm^3	Adsorbimento su allumina con reattori ABART e filtro a maniche	Prestazioni applicabili nei casi in cui l'abbattimento è condiviso con l'elettrolisi
	Fluoro Totale	<0,5 mg/Nm^3		
	HF	<0,6 mg/Nm^3	Adsorbimento su allumina con reattori VENTURI e filtro a maniche	
	Fluoro Totale	<1,5 mg/Nm^3		

Nota: la tabella prende in esame le sole emissioni convogliate. I valori delle emissioni associate alle BAT sono riportati come valori giornalieri basati su monitoraggio continuo nel periodo considerato. Ove il monitoraggio continuo non sia praticabile, il valore rappresenterà la media delle misure nel periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento utilizzato, nella progettazione dovranno essere tenute in considerazione le caratteristiche del gas e della polvere insieme alla corretta temperatura di funzionamento.

* La misura degli IPA è complessa ed i valori in tabella dipendono dal numero dei composti IPA che sono stati determinati e riportati.

** Il BaP è usato solo come indicatore, il rapporto tra i singoli IPA può variare.

*** Valori per impianti produzione anodi integrati con la produzione elettrolitica dell'alluminio. Alcuni valori si riferiscono ad impianti di abbattimento condivisi con il processo di elettrolisi.

Acque reflue

Questo tipologia di emissione è specifica di ogni singolo insediamento produttivo; in ogni caso le tecnologie esistenti per il trattamento delle acque sono in grado di assicurare elevate prestazioni ambientali. Le acque di scarico devono essere trattate per rimuovere i solidi sospesi, gli oli ed eventuali gas acidi disciolti. In vari stabilimenti viene praticato il riciclo e riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque depurate provenienti dal dilavamento dei piazzali.

Nel caso dell'alluminio primario elettrolitico le emissioni di acque reflue sono correlabili ai seguenti sistemi.

- Sistema di stoccaggio dei materiali
- Sistema di refrigerazione dei trasformatori associati al processo elettrolitico
- Eventuale utilizzo di sistemi d'abbattimento ad umido per la depurazione degli aeriformi
- Sistema di trattamento acque e acque meteoriche di dilavamento

Il consumo di acqua, in considerazione del fatto che la maggior parte dei processi sono sostanzialmente a secco, se si esclude il caso degli eventuali abbattitori ad umido (wet scrubber) può pertanto essere considerato assai limitato.

Residui di processo

Il principio della minimizzazione dei residui e del loro massimo riutilizzo fa parte delle BAT

L'industria dell'alluminio primario ha orientato i processi produttivi in questa direzione, puntando al riutilizzo diretto dei residui nel ciclo di lavorazione od all'utilizzo in altri processi produttivi.

Esempi particolari sono i seguenti.

- Utilizzo delle SPL[4] come materia prima in altri processi o come combustibile
- Riutilizzo dei rivestimenti refrattari dei forni, ove realizzabile
- Riutilizzo direttamente nel processo delle polveri abbattute dalle unità di filtrazione

E' comunque impossibile e non realistico associare delle quantità specifiche all'utilizzo delle BAT data la forte dipendenza dei residui dalla qualità delle materie prime.

La tabella che segue riporta alcune opzioni di riutilizzo relative ad un impianto di alluminio primario.

---

[4] Il rifiuto SPL è da considerare, per quantità e qualità, un rifiuto particolarmente pericoloso. Esso infatti contiene, in quantità rilevanti (potenzialmente fino al 13% in peso, da fonte EPA, 40 CFR parti 260, 261, 268 e 271), fluoruri e, in quantità minori, cianuri e metalli. La pericolosità del rifiuto, non incluso nel DM 12 giugno 2002, n. 161 citato in altro paragrafo di questo documento, rende opportuna una particolare cautela nel suo riutilizzo all'interno di altri cicli produttivi ovvero per l'eventuale smaltimento. Ovviamente l'eventuale utilizzo in altri cicli produttivi dovrebbe essere accompagnato dalla consapevolezza della possibilità che tanto le fasi di deposito e movimentazione del materiale (per la presenza di cianuri) quanto le fasi di utilizzo comportino le necessarie precauzioni per la limitazione ed il controllo delle eventuali emissioni conseguenti (fluoruri, metalli).

Opzioni per i residui di lavorazione di un impianto di alluminio primario	
Sorgente	**Utilizzo /opzioni di trattamento**
Schiumature di alluminio	Recupero nel settore dell'alluminio secondario
Polveri residue di filtrazione	Riutilizzo nel processo
SPL	Comburente, materiale di rivestimento, riducente, materia prima nell'industria dell'acciaio e del cemento
Mattoni refrattari	Dall'unità di cottura anodi,: riutilizzo
Acciaio	Recupero
Polvere di carbone (impianto anodi)	Riutilizzo

Monitoraggio

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere

intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

EMISSIONI IN ACQUA

Acque di raffreddamento conversione elettrica (acqua mare)	**Unità di misura**	**Frequenza**
pH	Unità pH	Mensile
Temperatura	°C	Mensile
C.O.D.	mg/l	Mensile

Acque industriali (diverse da acqua mare)	**Unità di misura**	**Frequenza**
pH	Unità pH	Quadrimestrale
Temperatura	°C	Quadrimestrale
Solidi sospesi	mg/l	Quadrimestrale
C.O.D.	mg/l	Quadrimestrale
Cloruri	mg/l	Quadrimestrale
Solfati	mg/l	Quadrimestrale
Fluoruri	mg/l	Quadrimestrale
Oli minerali	mg/l	Quadrimestrale
IPA	mg/l	Quadrimestrale
Alluminio	mg/l	Quadrimestrale
Altri parametri relativi al decreto 152/99 potenzialmente presenti	mg/l	Quadrimestrale
Altri parametri relativi al decreto 152/99	mg/l	Annuale

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

EMISSIONI CONVOGLIATE IN ARIA

In considerazione dei numerosi punti di emissione in aria che caratterizzano gli stabilimenti della produzione di alluminio primario, risulta particolarmente difficile definire un elenco di parametri generale per tutti i camini e gli scarichi idrici. Per tale motivo, di seguito si ipotizza un piano di monitoraggio generale per i punti di emissione più significativi.

Infine, si evidenzia che i gas serra quali CO_2 e PFC vengono normalmente valutati mediante algoritmi di calcolo riconosciuti a livello internazionali ed adottati, ad esempio, nell'ambito dello schema di Emission Trading dell'Unione Europea. Tali calcoli forniscono infatti delle stime di emissione maggiormente rappresentative rispetto alle singole misurazioni effettuate al camino.

Parametro emissioni in ARIA dal camino elettrolisi	**Unità di misura**	**Frequenza**
Polveri Totali	mg/Nm^3	Semestrale
Fluoro gas	mg/Nm^3	Semestrale
Fluoro polveri	mg/Nm^3	Semestrale
SO_2	mg/Nm^3	Semestrale
NO_x	mg/Nm^3	Semestrale
CO	mg/Nm^3	Semestrale

Parametro emissioni in ARIA dal camino Forno cottura anodi	**Unità di misura**	**Frequenza**
Polveri Totali	mg/Nm^3	Semestrale
SO_2	mg/Nm^3	Semestrale
NO_x	mg/Nm^3	Semestrale
IPA	mg/Nm^3	Semestrale
Sostanze Organiche Totali	mg/Nm^3	Semestrale
Fluoro gas	mg/Nm^3	Semestrale
Fluoro polveri	mg/Nm^3	Semestrale

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

MONITORAGGIO DEI RIFIUTI

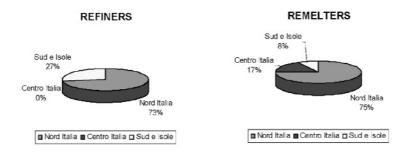
Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

PROCESSI PER LA PRODUZIONE DI ALLUMINIO DA MATERIE SECONDARIE

La tabella ed i grafici seguenti forniscono una rappresentazione grafica della distribuzione delle aziende sul territorio nazionale:

Tipo di azienda	**REFINERS**		**REMELTERS**	
Dislocazione	N°aziende	%	N° aziende	%
Nord – Italia	16	73	18	75
Centro - Italia	0	0	4	17
Sud e Isole	6	27	2	8
Totale	22	100	24	100

Il fatturato anno globale per i refiners si aggira intorno ai 1.000.000.000 Euro (dato relativo all'anno 2002).

Un aspetto saliente del settore è rappresentato dall'approvvigionamento della materia prima che per circa il 67% proviene dal territorio nazionale e per il restante 33% dall'estero; vale la pena sottolineare come l'intero quantitativo di rottami di alluminio prodotti in Italia sia completamente recuperato internamente e che quindi per poter soddisfare alla capacità produttiva installata risulta necessario ricorrere a rottami provenienti dall'esterno.

La quasi totalità della materia prima in ingresso può essere stimata in circa 900.000 ton/anno.

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

Rispetto ad altri metalli non ferrosi, la produzione di alluminio secondario si contraddistingue per alcuni aspetti peculiari quali la vasta gamma di materie prime utilizzate e la diversità dei forni impiegati nel processo di fusione; generalmente le caratteristiche della materia prima utilizzata (dimensione del rottame, contenuto di ossidi, grado di contaminazione, ecc.) determinano la scelta del processo più idoneo

come ad esempio la necessità di effettuare o meno una fase di pretrattamento o di utilizzare uno specifico forno di fusione.

Tra le principali tipologie di rottami di alluminio utilizzati come materie prime ricordiamo le seguenti:
- sfridi di lavorazione;
- lattine usate;
- fogli, nastri e lamiere;
- torniture;
- rottami da demolizione;
- schiumature.

Prima della fusione i rottami vengono normalmente pretrattati per eliminare o rimuovere i contaminati e le impurità presenti; ad esempio le torniture o le lattine vengono essiccate o sverniciate e ciò consente di aumentare la resa di fusione e nel contempo di ridurre l'effetto sulle emissioni.

Per la fusione dei rottami è possibile utilizzare forni di diversa progettazione e differente conduzione in funzione della materia prima alimentata e della necessità ad esempio di utilizzare flussanti salini come agenti copertori del metallo fuso; alcuni forni di fusione possono inoltre essere dotati di pompe o sistemi equivalenti per la circolazione del metallo fuso o di sistemi di inclinazione dell'asse di rotazione del forno tali da consentire una maggiore resa di fusione e una riduzione del consumo di flussante salino.

Data l'elevata affinità dell'alluminio verso l'ossigeno, da cui deriva la sua forte tendenza all'ossidazione, durante la fusione dei rottami, la lega allo stato liquido deve essere protetta dal contatto con l'aria e dalle fiamme dei bruciatori. Per questo motivo vengono utilizzati flussi copertori o fondenti (mediamente nell'ordine di circa 300 kg sale/t di alluminio caricato) costituiti principalmente da una miscela di cloruro di sodio e potassio a cui possono essere aggiunte piccole quantità di fluoruri come fondenti; queste miscele saline (caricate al forno nell'ordine di circa 300 kg/t di alluminio) oltre a prevenire l'ossidazione del metallo fuso sono in grado di inglobare le impurità presenti nel rottame. Una riduzione del quantitativo di flussante nella fase di fusione può essere ottenuta pretrattando il rottame (aumentandone il contenuto metallico) oppure utilizzando forni di fusione rotativi ad asse inclinato (tilting furnace); nel caso siano disponibili rottami con elevato grado di purezza e di determinate dimensioni possono essere utilizzati forni a riverbero eventualmente attrezzati con sistemi di pompaggio o di rimescolamento del metallo.

Ultimata la fusione del rottame, il metallo allo stato liquido viene travasato nei forni di attesa prima di essere avviato alla fase di colata subisce una serie di trattamenti al fine di:
- rimuovere le ultime impurità presenti (gas idrogeno disciolto o magnesio) mediante degasaggio con gas inerte o con una miscela di cloro e gas inerte o mediante sali;
- raggiungere la corretta composizione finale della lega desiderata aggiungendo quantità predeterminate di alliganti quali Si, Cu, Mn;

- rimuovere lo strato superficiale di alluminio ossidato (schiumatura) per ridurre la presenza di ossidi nel metallo.

L' alluminio può essere quindi avviato alla fase di colata da cui fuoriesce sotto forma di lingotti, barre, billette.

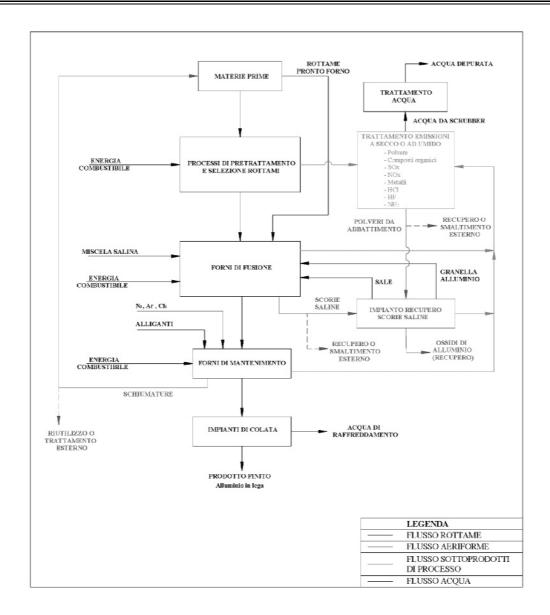
Dagli impianti di produzione dell'alluminio secondario si originano alcuni residui di processo che possono essere recuperati; tra questi ricordiamo in particolare le schiumature e le scorie saline.

Le schiumature come sopra accennato provengono dalla fase di pulizia superficiale dei forni di fusione a riverbero o di mantenimento e la loro produzione si attesta intorno ai 15 – 20 kg/tonn di alluminio prodotto; data la presenza di alluminio metallico inglobato nella scoria con valori compresi tra il 20 e l'80% ed al fine di minimizzare la perdita per ossidazione, il materiale può essere ad esempio raffreddato con gas inerte o pressato a caldo. Inoltre le schiumature raffreddate possono essere:

a) recuperate direttamente nel forno;
b) arricchite nella frazione metallica mediante processi di macinazione e vagliatura.

Le scorie saline provengono invece dalla fase conclusiva del processo di fusione a forno rotativo; terminato lo spillaggio dell'alluminio dal forno rotativo al forno a riverbero viene estratta la scoria salina che viene versata e lasciata raffreddare in apposite vasche metalliche. Successivamente i grossi blocchi di scoria vengono macinati finemente, recuperando nel contempo la frazione di alluminio metallico presente mediante vagliatura o mediante sistemi ad induzione; la dissoluzione in acqua della frazione fine e la successiva fase di decantazione e filtrazione permettono di separare la frazione solubile (miscela salina) da quella insolubile (ossidi metallici) che, dopo lavaggio con acqua, può essere avviata al recupero.
La salamoia purificata viene inviata alle fasi di evaporazione e cristallizzazione da cui vengono recuperati i sali che possono essere riciclati al processo di fusione.

Emissioni e livelli di consumo

Dai processi utilizzati per la produzione di alluminio secondario si possono generare emissioni in atmosfera e nelle acque.
Le emissioni in aria di polveri, di acido cloridrico e di composti organici possono derivare dalle fasi di trattamento e di fusione dei rottami; inoltre emissioni fuggitive possono provenire dalle fasi di stoccaggio e movimentazione dei materiali o dalle operazioni di carico agli impianti di trattamento e fusione.
Le emissioni in acqua di solidi sospesi, di sostanze oleose e di metalli possono provenire dallo stoccaggio all'aperto di rottami sottoposti a dilavamento da parte delle acque meteoriche; altre tipologie di scarichi idrici sono rappresentate dalle acque utilizzate per il trattamento delle emissioni (scrubbers) o da acque impiegate per il raffreddamento nei processi di colata.

Emissioni in aria

Di seguito viene riportata una tabella in cui è rappresentata la significatività di certi inquinanti in funzione della fasi del processo produttivo.

Significatività delle emissioni in aria in funzione del processo			
Inquinante	**Pretrattamento**	**Fusione**	**Raffinazione**
HCl, HF	*	**	***
Composti metallici	**	**	**
NO_X	*	**	* (gas di combust.)
Comp. org. (VOC,	***	***	

diossine)			
Polveri	***	***	**
Note: *** molto significativo * poco significativo			

Per la captazione dei gas e dei fumi generati dai processi produttivi devono essere utilizzati sistemi di raccolta e convogliamento correttamente progettati anche in funzione dei numerosi punti di emissioni talvolta presenti sugli impianti; in aggiunta possono essere adottati sistemi di carica che aderiscono ai forni, riducendo pertanto le emissioni. Le emissioni fuggitive possono essere ridotte fortemente disponendo di un idoneo sistema di captazione dei fumi.

Le emissioni di polveri e metalli devono essere valutate congiuntamente e possono essere generate in tutte le fasi del processo produttivo. Varie installazioni, al fine di rimuovere le polveri ed i metalli associati, utilizzano filtri a manica o filtri ceramici ad alta efficienza con valori in emissione compresi tra 0,6 – 20 mg/Nm^3; anche dal processo di recupero delle scorie saline, se presente nel sito, possono derivare emissioni di polveri che devono essere attentamente valutate.
Nel caso di combustione di materiale organico associato al rottame ed in presenza di cloruri è possibile inoltre la formazione di diossine che si possono fissare sulle polveri.

L'emissione di composti organici può derivare da fasi di combustione in atmosfera povera di ossigeno; inoltre la presenza di cloro, ad esempio nelle fasi di degasaggio, può essere una fonte di cloruri per la generazione di diossine. La riduzione di tali composti può essere ottenuta mediante:

- pretrattamento della materia prima;
- utilizzo di bruciatori con controllo della combustione;
- postcombustione dei gas seguita da successiva iniezione di carboni attivi e da un efficace sistema di filtrazione delle polveri.

La presenza di ossidi di azoto e di zolfo è normalmente associata al sistema di combustione utilizzato sui forni; normalmente l'emissione di questi composti non è significativa e può comunque essere ridotta utilizzando combustibili a basso tenore di solfuri o mediante bruciatori ad ossicombustione che riducono la formazione di NO_X anche se esiste la possibilità che le alte temperature sviluppate possano sortire l'effetto contrario.

Emissioni di HCl, HF possono provenire dalle operazioni di trattamento del metallo fuso mediante miscele contenti cloro utilizzate per rimuovere l'idrogeno disciolto ed il magnesio; possono derivare inoltre dall'utilizzo di flussanti salini nei forni di fusione.
Per rimuovere tali composti si possono utilizzare sistemi di depurazione a scrubber (ad umido o a secco).

Di seguito si riportano alcune tabelle riassuntive delle emissioni in aria specifiche per impianto.

ESSICCATOIO	
Emissioni (mg/ Nm^3)	**Range**
Polveri	<5 – 50

HF	< 5
HCl	3 – 40
NO_2	40 – 420
Diossine (ng/Nm^3)	0,1 – 1
VOC	10 – 57

FORNI ROTATIVI	
Emissioni (mg/ Nm^3)	**Range**
Polveri	1 – 30
HF	0,1 – 5
HCl	0,1 – 40
NO_2	50 – 450
Diossine (ng/Nm^3)	0,1 – 1
VOC	5 – 90

FORNI A RIVERBERO E FORNI A CAMERA APERTA	
Emissioni (mg/Nm^3)	**Range**
Polveri	0,1 – 35
HF	0,1 – 5
HCl	0,5 – 40
NO_2	15 – 450
Diossine (ng/Nm^3)	0,1 – 1
VOC	2 – 55

FORNI A SUOLA INCLINATA	
Emissioni (mg/Nm^3)	**Range**
Polveri	5 – 50
HF	< 5
HCl	30 – 40
NO_2	20 – 420
Diossine (ng/Nm^3)	0,1 – 1
VOC	5 – 57

Emissioni in acqua

La produzione di alluminio da materie secondarie (rottami) si contraddistingue per la presenza di impianti che operano principalmente a secco. Gli scarichi idrici sono di norma limitati all'acqua di raffreddamento per il processo di colata, potenzialmente riciclabile, ed all'acqua di dilavamento delle superfici che può essere contaminata per effetto dello stoccaggio all'aperto di rottami oleosi o pulverulenti. A questi scarichi devono essere aggiunte le notevoli quantità che possono derivare dall' utilizzo di sistemi ad umido (scrubber) per l' abbattimento degli effluenti gassosi.

Residui di processo e rifiuti

Oltre alle schiumature di alluminio ed alle scorie saline altri tipici residui sono correlati al processo di produzione dell'alluminio secondario e sono identificabili nelle polveri di depurazione dei fumi e nei refrattari esausti.
Nel primo caso, se si utilizza bicarbonato di sodio per la neutralizzazione dei fumi, le polveri di abbattimento possono essere recuperate nel processo di riciclo delle scorie saline o in alternativa possono essere conferite in discarica; anche i refrattari possono essere recuperati nell'impianto di riciclo delle scorie saline oppure possono essere conferiti in discarica.

Nella tabella seguente vengono indicati alcuni tipici residui di produzione dell'alluminio secondario.

RESIDUI TIPICI DELL'ALLUMINIO SECONDARIO				
Residuo	**Origine**	**Volume**	**Trattamento**	**Note al trattamento**
Scorie saline	Fusione in forno rotativo	Fino a 500 kg/ton Al	Recupero mediante dissoluzione e cristallizzazione. Prodotti recuperati e di possibile utilizzo: - granella di Al - miscela di Sali - ossido di Al	Evita lo smaltimento in discarica
Polveri di abbattimento filtri	Depurazione dei fumi esausti	Fino a 35 kg/ton Al	Smaltimento previo pretrattamento Parzialmente riutilizzati con le scorie saline o utilizzati nell'industria dell'acciaio	Vietato lo smaltimento in superficie in alcuni paesi; possibile trattamento termico (polveri neutralizzate con bicarbonato di sodio possono essere riciclate con le scorie saline)
Refrattari	Forni di fusione	Circa 2 kg/ton Al	Potenziale riutilizzo nel processo di riciclo dei sottoprodotti di fusione in alternativa smaltimento	In alcuni paesi è vietato lo smaltimento in superficie. Produzione di composti refrattari

Schiumature	Tutti i forni che non utilizzano sali. Fonderie	Circa 25 kg/t Al 40–80 kg/t Al	Fusione in forni rotativi. Riutilizzo della granella di alluminio nei forni rotativi; la polvere della schiumatura è recuperata con le scorie saline	Evita lo smaltimento in discarica

Per quanto riguarda le scorie saline si riportano alcuni valori relativi alla composizione tipica ed alle emissioni associate al processo di recupero.

COMPOSIZIONE TIPICA DELLA SCORIA SALINA		
Elemento	**Valore tipico %**	**Intervallo %**
Alluminio metallico	10	5 – 20
Frazione solubile in acqua	45	40 - 50
Frazione insolubile in acqua	45	40 - 50

EMISSIONE TIPICA DA TRATTAMENTO DELLE SCORIE SALINE (mg/Nm^3)	
Emissione	**Intervallo**
Polveri	15 – 40
Ammoniaca	30 – 40
Fosfina	0,1 –0.5
Idrogeno solforato	50 – 100

Processo di recupero delle scorie saline - Descrizione del processo

La miscela salina esausta evacuata a fine ciclo dai forni di fusione viene raffreddata lentamente in grossi contenitori metallici; i blocchi di scoria subiscono una prima frantumazione grossolana, per poi essere inviati all'impianto di macinazione che rappresenta il primo stadio del processo di recupero.

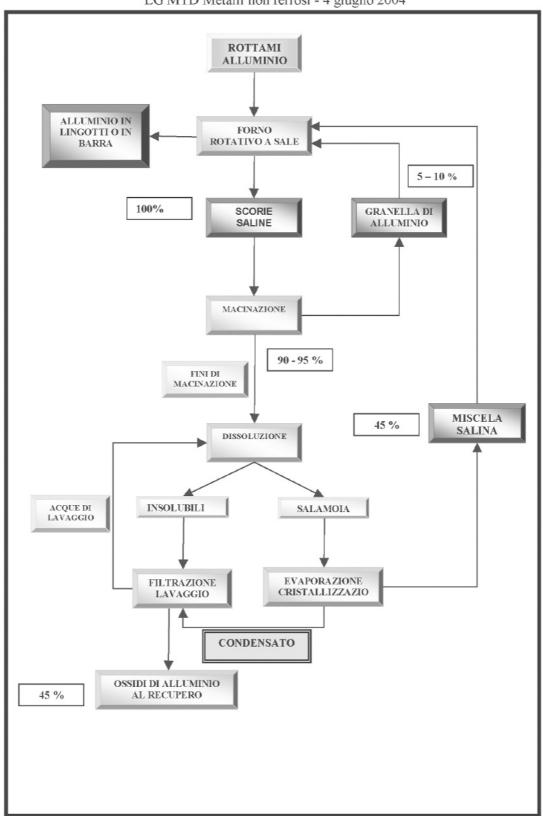
Nell'impianto di macinazione la scoria viene macinata finemente e durante questa fase viene recuperata la frazione di alluminio metallico (circa al 10%) inglobata nella scoria mediante vagliatura od utilizzando sistemi di separazione ad induzione magnetica; mentre l'alluminio può essere recuperato direttamente nei forni di fusione, le polveri fini vengono avviate al secondo stadio del processo di recupero.

Mediante la dissoluzione in acqua delle polveri fini viene effettuata la separazione della frazione solubile (miscela salina) da quella insolubile (ossidi metallici); gli ossidi metallici (costituiti principalmente da Al_2O_3) previa decantazione, vengono filtrati e lavati con acqua fino ad ottenere un prodotto idoneo al recupero. La salamoia filtrata viene invece sottoposta al processo di evaporazione e cristallizzazione da cui vengono recuperati i cristalli dei sali originari; la miscela salina viene quindi riutilizzata nel processo di fusione; l'acqua di condensa che proviene dall'evaporazione della salamoia viene invece riciclata internamente al processo nelle fasi di dissoluzione delle polveri e di lavaggio degli ossidi.

L'impianto di riciclo delle scorie saline può risultare idoneo anche per il riciclo di polveri di abbattimento dei fumi trattate con bicarbonato di sodio e di materiali refrattari derivanti dalla manutenzione periodica dei forni di fusione.
Tra i principali effetti benefici sull'ambiente si possono citare:

a) la riduzione del quantitativo di rifiuti avviati allo smaltimento in discarica;
b) il risparmio delle risorse mediante il riutilizzo selettivo dei componenti (alluminio e miscela salina recuperati nel processo di fusione originario, ossidi d'alluminio avviati al recupero).

Nella figura che segue viene presentato uno schema a blocchi tipico delle operazioni di recupero delle scorie saline.

LG MTD Metalli non ferrosi - 4 giugno 2004

Processi di raffinazione e colata

Durante la permanenza allo stato liquido le leghe di alluminio si saturano di gas ed in particolare di idrogeno , in quanto l'alluminio reagisce con l'acqua secondo la reazione:

$$2Al - 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2$$

L' umidità può derivare dall'atmosfera, dalle materie prime non sufficientemente essiccate o dall'utilizzo di attrezzi di lavoro. La forte e repentina diminuzione di solubilità dell'idrogeno in prossimità della temperatura di solidificazione, in presenza di tenori elevati di gas disciolto, determina la formazione di piccole bolle inglobate nella matrice metallica provocando un decadimento delle caratteristiche della lega.
Per prevenire questo effetto all'interno dei forni di raffinazione vengono eseguiti trattamenti di degasaggio mediante utilizzo di miscele contenenti cloro, argon o azoto; il degasaggio con gas inerte (azoto) esercita, tramite gorgogliamento, una semplice azione di trascinamento meccanico delle bollicine di idrogeno mentre l'utilizzo di miscele contenti cloro agisce chimicamente legandosi con l'idrogeno e producendo acido cloridrico; in questo caso si rende necessaria la captazione e depurazione dei fumi acidi prodotti (dato che la percentuale di cloro nella miscela di degasaggio non supera il 5% in volume, la presenza nell'emissione di cloro gassoso residuo può essere ritenuta trascurabile).

Concluse le operazioni di trattamento della lega all'interno del forno (scorifica superficiale, alligazione e degasaggio) e raggiunta la temperatura idonea per la colata, il metallo fuso viene trasferito dal forno di attesa all'impianto di colata mediante canali rivestiti di materiale refrattario; durante il trasferimento del metallo è possibile eseguire ancora un degasaggio finale ed una filtrazione in linea mediante filtri ceramici.

I processi di colata possono essere distinti in:
- colata in lingottiera;
- colata continua;
- colata semicontinua (billette);
- colata in siviere per il trasporto su strada allo stato liquido.

Nei primi tre casi il metallo fuso viene solidificato progressivamente mediante il raffreddamento della superficie esterna dello stampo, della ruota o del collare di colata utilizzando l'acqua come fluido refrigerante.
Nell'ultimo caso invece, il metallo viene consegnato all'utilizzatore finale (fonderia di getti) allo stato fuso all'interno di speciali siviere rivestite di materiale refrattario in grado di mantenere costante la temperatura del liquido anche per alcune ore; il trasporto su strada di tali recipienti è sottoposto alla normativa ADR sulle merci pericolose.

Acque reflue e residui di processo

Tutti gli scarichi provenienti dal processo produttivo dovrebbero essere trattati per separare i solidi sospesi, gli eventuali oli e composti inorganici quali ad esempio gas acidi assorbiti che se necessario dovrebbero essere neutralizzati.
Tra gli scarichi idrici provenienti dalle attività di produzione di alluminio secondario possono essere citate le seguenti tipologie:

- scarichi di acque da dilavamento dei piazzali utilizzati anche per il deposito dei rottami;
- scarichi di acque di raffreddamento dai processi di colata (circuito aperto) o spurgo delle torri di evaporazione (circuito chiuso); il consumo di acqua si aggira intorno ai 2 - 2,5 m^3/t alluminio prodotto;
- scarichi di acque utilizzate per la depurazione degli effluenti gassosi (impianti scrubber).

In alcuni siti si effettuata il riciclo interno sia delle acque di raffreddamento sia delle acque di dilavamento dei piazzali; queste possono essere riutilizzate ad esempio nel processo di recupero dei sottoprodotti di fusione dell'alluminio per reintegrare la perdita di acqua di processo dovuta ai prodotti umidi in uscita dagli impianti (sale, ossidi di alluminio lavati).

Le tecniche che privilegiano il riutilizzo dei residui di processo devono essere considerate tecniche BAT; tra queste citiamo nuovamente il riciclo dei seguenti residui di produzione:

- scorie saline da forno rotativo;
- schiumature di alluminio dai forni;
- polveri di abbattimento da impianti di depurazione;
- refrattari esausti.

Vale inoltre la pena sottolineare che dal processo di recupero interno di tali residui deriva il rifiuto non pericoloso "polvere di allumina" il quale ad esempio viene conferito ai cementifici come integratore nella miscela per la produzione del clinker.

Particolare attenzione deve comunque essere riservata alle operazioni di movimentazione, manipolazione e stoccaggio dei predetti residui che per le loro caratteristiche chimico – fisiche dovrebbero preferibilmente essere stoccati al coperto e su superfici pavimentate riducendo al minimo le operazioni all'aperto; in ogni caso è consigliata la raccolta ed il trattamento delle acque provenienti dalle aree dedicate allo stoccaggio.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

In questo capitolo vengono presentate una serie di tecniche che possono essere adottate sia per prevenire e ridurre le emissioni e la produzione di residui e rifiuti sia per minimizzare i consumi energetici; tutte queste tecniche sono al momento disponibili e di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazione; in ogni caso esse devono essere valutate caso per caso in quanto fortemente dipendenti dalla tipologia di materia prima utilizzata e dai processi in uso.
Le tecniche indicate di seguito sono state suddivise per singola fase del processo produttivo.

Migliori tecniche disponibili

L' individuazione delle BAT per questo specifico settore è derivata da una analisi delle seguenti componenti:

a) identificazione delle problematiche ambientali correlabili al settore (emissioni in aria, in acqua e produzione di rifiuti)
b) analisi delle tecniche potenzialmente applicabili al settore e verifica dei migliori livelli di performance ambientali
c) analisi dei costi e delle condizioni specifiche in funzione delle quali possono essere raggiunti le migliori performance ambientali

Si deve sottolineare che i livelli di emissione e di consumo associati all'utilizzo delle BAT devono essere considerati in funzione delle specifiche condizioni di riferimento; l'adozione delle BAT è infatti influenzata da numerosi fattori quali ad esempio la tipologia di materia prima utilizzata ed il relativo grado di contaminazione, la possibilità in funzione del tipo di forni utilizzati di minimizzare le emissioni diffuse e infine di ridurre sia il consumo di acqua sia la produzione di rifiuti favorendone al contempo il riutilizzo.

I livelli di emissione e di consumo riportati non sono quindi da intendersi come valori – limite, ma rappresentano le prestazioni ambientali che possono essere previste come risultato dell'applicazione delle tecniche descritte; d'altra parte i costi reali dell'applicazione di una determinata tecnica dipendono fortemente dalla specifica situazione.
In generale si prevede che i nuovi impianti possano essere progettati in modo da operare ai livelli riportati nel BRef, o anche meglio, mentre gli impianti esistenti possono orientarsi verso tali livelli, stanti le condizioni di applicabilità tecnica ed economica delle tecniche per ciascun caso.

Stoccaggio, movimentazione e pretrattamento delle materie prime

Per la produzione di alluminio secondario possono essere utilizzati diverse tipologie di rottami che si contraddistinguono per il contenuto metallico, per la forma e pezzatura, per la composizione analitica e grado di contaminazione; ovviamente tali caratteristiche influenzano direttamente il metodo di stoccaggio, di movimentazione e di trattamento.
Ad esempio i rottami che possono essere contaminati da olio o da composti solubili devono essere stoccati al coperto; lo stesso dicasi per le schiumature dato che, a contatto con l'acqua possono sviluppare gas ammoniacali.
Tecniche specifiche che possono essere applicate a questa fase del processo produttivo sono:

- utilizzo di pretrattamenti specifici in funzione della materia prima utilizzata al fine di rimuovere la frazione oleosa o il rivestimento eventualmente presente sul rottame o per separare l'ossido dal metallo. La rimozione di olio o di rivestimenti sui rottami è una tecnica praticata mediante l'uso di essiccatori o decoaters;
- adozione di ulteriori tecniche di pretrattamento quali la granulazione, la separazione selettiva dei vari metalli mediante tecniche di flottazione a mezzo denso o ad aria , la separazione magnetica della frazione ferrosa;
- trattamento delle schiumature mediante macinazione con l'utilizzo di adeguato sistema di aspirazione ed abbattimento delle polveri;
- utilizzo sistemi di stoccaggio e manipolazione delle polveri tali da prevenire la formazione di emissioni sono da considerare come tecniche BAT.

La tabella successiva riporta le tecniche adottate per le varie tipologie di materiali.

Metodi per lo stoccaggio, movimentazione e pretrattamento dei materiali per alluminio secondario				
Materiale	**Stoccaggio**	**Movimentazione**	**Pretrattamento**	**Note**
Combustibili e oli	Serbatoio o fusti in aree confinate	Idonee tubazioni o sistemi manuali	Riscaldamento dello stoccaggio e delle tubazioni	Ventilazione dei gas prodotti
Miscele saline e flussanti	Confinate se polverose	Trasportatori chiusi con raccolta delle polveri o caricatori con benna		L'utilizzo di silos può risultare non adeguato per fenomeni di impaccamento del materiale
Polveri (es. schiumature) Materiali fini	Confinate se polverose	Trasportatori chiusi con raccolta polvere o caricatori con benna	Macinazione e separazione della frazione metallica per densità e/o pezzatura	
Torniture	Al coperto se contengono	Caricatori meccanici o caricatori con	Essiccazione Centrifugazione	Raccolta dell'olio se necessario

	oli o sostanze solubili	benna		
Rottami di foglio,lamiera, nastro e colaticci	All'aperto o al coperto	Caricatori meccanici o caricatori con benna		Raccolta olio se necessario
Cloro o miscela	Serbatoi omologati	Metodi riconosciuti		
Prodotto finito (lingotto, barra, foglio, ecc.)	Stoccaggio al coperto o all'aperto		Preriscaldo se necessario	
Residui di processo (schiumature, scorie saline, refrattari)	Al coperto o confinate in funzione della produzione di polvere	Dipende dalle condizioni	Separazione mediante macinazione e/o dissoluzione Processo potenzialmente molto polveroso	Le schiumature e lo scorie devono essere mantenute asciutte. Usare un idoneo sistema di drenaggio
Rifiuti a smaltimento	Al coperto o in container da trasporto in funzione del materiale	Dipende dalle condizioni		Idoneo sistema di drenaggio

Per lo stoccaggio, in particolare, le tecniche BAT applicabili sono le seguenti.

- Utilizzo di sistemi per lo stoccaggio dei liquidi in contenitori stagni; la capacità di contenimento in caso di fuoriuscite deve essere pari a quella del serbatoio più voluminoso. Le aree di stoccaggio dovrebbero essere progettate in maniera tale che eventuali perdite dalla parte superiore dei serbatoi e dai punti di erogazione siano intercettate e raccolte nel contenitore; i serbatoi dovrebbero inoltre essere muniti di sistemi di allarme. Prevedere inoltre sistemi automatici che prevengano l'eccessivo riempimento dei serbatoi.
- L'acido solforico e altri materiali reattivi dovrebbero essere stoccati in serbatoi a doppia parete o in serbatoi inseriti in contenitori chimicamente resistenti ed aventi la stessa capacità; è consigliato l'utilizzo di apparecchi per la verifica di eventuali perdite collegati a sistemi di allarme . Se esiste il pericolo di contaminazione della falda l'area di stoccaggio deve essere impermeabile e resistente alla tipologia di materiale stoccato.
- Sostanze incompatibili dovrebbero essere segregate e ove necessario si dovrebbe fare uso di gas inerte.
- Stoccare il materiale che può rilasciare olio su aree pavimentate dotate di cordoli o altri dispositivi di contenimento; utilizzare metodi di trattamento degli effluenti adatti alla tipologia di materiali stoccati.

- Predisporre sistemi di trasporto dei liquidi in condizioni di sicurezza , in aree aperte al fine di poter identificare tempestivamente eventuali perdite; le tubazioni interrate devono essere opportunamente segnalate e documentate per la sicurezza degli scavi.
- Utilizzare serbatoi omologati per lo stoccaggio di gas tipo GPL con monitoraggio della pressione del serbatoio e dotati di sistemi di erogazione in grado di prevenire rotture e perdite; in caso di aree confinate è utile prevedere il monitoraggio dei gas.
- Ove richiesto, utilizzare trasporti a tenuta, stoccaggi e sistemi di recupero per materiali polverosi; per stoccaggi di breve durata (giornalieri) possono essere utilizzati silos; se si utilizzano apparecchiature completamente chiuse può risultare non necessaria l'adozione di filtri.
- Il materiale non polveroso e non solubile può essere stoccato su superfici impermeabili dotate di drenaggio delle acque meteoriche.
- I trucioli, le torniture e altri rottami contenenti materiali solubili o emulsioni dovrebbero essere stoccati al coperto per prevenirne il dilavamento.
- Le acque piovane che dilavano la polvere dovrebbero essere raccolte e trattate prima di inviarle allo scarico.
- Possono essere usate pulizie programmate delle strade e piazzali mediante spazzatrici.
- Utilizzare metodi di controllo periodici per prevenire spargimenti o identificare perdite dei serbatoi.
- Controllare e campionare il materiale in ingresso per verificarne la qualità e, in base al grado di contaminazione, individuare le tecniche di stoccaggio e di trattamento più idonee.
- Utilizzare corrette pratiche di costruzione e di manutenzione degli impianti ed attrezzature.

Forni di fusione per alluminio secondario

Vengono indicate di seguito le tecniche comunemente applicate nei processi di fusione dell'alluminio secondario e che devono essere considerate come tecniche BAT; le indicazioni di seguito riportate sono uno strumento utile per la determinazione delle BAT per i processi di fusione:

a) se possibile è preferibile selezionare preventivamente il rottame in funzione del tipo di forno utilizzato;
b) adottare se possibile sistemi di carica ai forni di tipo sigillato o a tenuta in funzione del tipo di forno utilizzato;
c) se possibile utilizzare cappe e sistemi di estrazione dei fumi per minimizzare le emissioni fuggitive;
d) pretrattare il rottame al fine di rimuovere eventuali oli o composti organici mediante essiccazione, centrifugazione o decoating a meno che il forno di fusione ed il relativo sistema di depurazione di fumi sia stato progettato correttamente;
e) utilizzare forni a crogiolo per fondere quantità limitate di rottame pulito;
f) utilizzare sistemi di postcombustione per rimuovere ove necessario i composti organici comprese le diossine;

g) usare calce o bicarbonato di sodio e carbone attivo per neutralizzare i gas acidi e per rimuovere i composti organici e le diossine;
h) ove possibile adottare il recupero energetico;
i) utilizzare sistemi di filtrazione tecnologicamente avanzati quali i filtri a manica o i filtri ceramici.

Nella tabella successiva vengono riassunte le caratteristiche dei vari tipi di forno attualmente in uso.

Forno	Variante	Applicazione principale	Vantaggi	Svantaggi	Raccolta gas	Note
Riverbero	Standard	Fusione di rottame pulito e di grosse dimensioni	- elevate capacità (100 t) - limitate restrizioni sulla dimensione dei rottami di carica	- bassa efficienza termica -limitata varietà di rottami	Semisigillato	- alte rese dovute alla qualità dell rottame - possono essere usate pompe per liquido
	A camera aperta	Come sopra, in grado inoltre di recuperare rottame di piccole dimensioni	-elevata capacità - maggiore varietà di carica	- bassa efficienza termica	Semisigillato	- alte rese possibili in funzione del tipo di rottame - possono essere usate pompe per liquido
	Suola inclinata	In grado di separare l'alluminio da altri metalli con punto di fusione più elevato (ferro, acciaio)	- molto efficiente nel separare metalli ad elevato punto di fusione	- bassa efficienza termica	Semisigillato	- sono talvolta incorporati in altri tipi di forni - la resa dipende dalla contaminazione
Rotativo	A asse fisso	Adatto per una vasta gamma di rottami	- nessuna limitazione sulla carica - buona efficienza termica - efficiente eliminazione del Mg - nessuna produzione di schiumature - sono possibili elevati volumi di carica (>65t)	- uso relativamente alto di miscela salina - la dimensione dei rottami può essere limitata	Semisigillato	Le scorie risultanti possono essere recuperate
	Inclinato	Come sopra	Come sopra ma con meno sale e minore capacita	- la dimensione dei rottami può essere limitata	Semisigillato	Si tende ad usare per materiali a bassa resa

Processi di fusione

Come più volte ricordato, la tipologia delle materie prime e la presenza di specifici contaminanti condizionano fortemente la scelta del forno di fusione ed eventualmente anche il tipo di trattamento preventivo che deve essere effettuato sul rottame.
Nel caso specifico della realtà italiana si sottolinea che, tra le tecniche BAT relative ai processi di fusione, l'utilizzo del forno rotativo a sale risulta predominante rispetto ad altre tipologie di forni di fusione e ciò è dovuto principalmente ai seguenti fattori:

- la scarsità di materia prima (rottami) reperibile sul territorio nazionale e l'elevata capacità produttiva delle aziende italiane determinano il ricorso all'importazione di elevati quantitativi di rottami di varia tipologia;
- l'eterogeneità dei rottami che può richiedere l'utilizzo di specifici interventi praticati al fine di valorizzare al massimo la resa metallica, come ad esempio i processi di pretrattamento e selezione, comporta anche l'adozione di forni di fusione che presentano elevate caratteristiche di flessibilità quali appunto i forni rotativi a sale;
- l'efficienza termica, in considerazione della materia prima utilizzata, sia nei confronti dei forni ad induzione sia verso i forni ad riverbero.

Per i processi di fusione, i forni elencati nella tabella del capitolo precedente sono considerati come tecniche BAT.

Altre fasi del processo

Nella tabella successiva vengono indicate le tecniche BAT da adottare per altri processi presenti nel ciclo produttivo.

TECNICHE BAT PER ALCUNI PROCESSI		
Fase del processo	**Tecnica BAT**	**Note**
Raffinazione	Utilizzo di miscela di cloro e Ar/N_2 o sali AlF_3	
Trattamento schiumature	Copertura con gas inerte e raffreddamento in tamburi sigillati o pressatura delle scorie per ridurre l'ossidazione del metallo ed aumentare la resa	Scorie umide possono rilasciare gas ammoniacali
Mantenimento e degasaggio del forno	Captazione dei fumi dai forni, dai canali di colata, se necessario raffreddare ed utilizzare filtri a manica	
Pretrattamento dei rottami	Utilizzo di correnti indotte per la separazione del materiale inerte o non metallico dai composti metallici (motori lineari)	Consentono di ottenere rottami più puliti da caricare ai forni di fusione, riducendo al contempo la quantità di sale

Captazione e depurazione delle emissioni di processo

I sistemi di captazione e depurazione delle emissioni derivanti dalla varie fasi del processo produttivo dovrebbero possedere alcune caratteristiche quali:

a) sistemi di captazione il più possibile a tenuta sui forni di fusione e con una corretta depressione per evitare emissioni di tipo fuggitivo;
b) in alternativa alla raccolta dei fumi secondaria caratterizzata da elevati costi e consumi energetici, dovrebbero essere preferiti sistemi di captazione mirati per le singole fasi del processo in grado di catturare l'emissione alla fonte e per tutta la sua durata;
c) sistemi di captazione che prevedano ove possibile il recupero energetico e riutilizzo del calore associato ai fumi di processo; ad esempio il calore recuperato può essere utilizzato per preriscaldare la carica a forno;
d) adozione di impianti di depurazione delle polveri ad alta efficienza, quali i filtri a maniche od i filtri ceramici;
e) adozione di impianti di depurazione e recupero di gas acidi mediante iniezione di calce o bicarbonato di sodio; l'iniezione di carbone attivo può rimuovere la diossina contenuta nell'emissione.

Nella tabella seguente sono riassunte le tecniche BAT per il trattamento delle emissioni nell'alluminio secondario.

TECNICHE BAT PER LA DEPURAZIONE					
Fase del processo	**Captazione dei fumi**	**Post combustore**	**Filtro**	**Rimozione dei gas acidi**	**Rimozione VOC**
Stoccaggio e movimentazione materia prima	* Se polverosa		* Se polverosa		
Fusione	*	* Se necessario	*	* Se necessario	* Se necessario
Essiccazione e decoating	* Se necessario	* Se necessario	* Se necessario	* Se necessario	* Se necessario
Mantenimento e degasaggio	* Se necessario		* Se necessario		
Trattamento schiumature e scorie saline	*	* Per idrogeno e fosfine	*		

Nella tabella successiva sono indicati i potenziali inquinanti associati alle singole fasi del processo produttivo e le tecniche di abbattimento consigliate.

INQUINANTI ASSOCIATI ALLE SINGOLE FASI DEL PROCESSO		
Fase del processo	**Inquinante**	**Tecniche di abbattimento disponibili**
Movimentazione rottame	Polvere	Corretto stoccaggio Captazione polveri e filtri a maniche
Pretrattamento rottame	Polvere Composti organici*	Corretto pretrattamento Captazione polveri e filtri a manica Postcombustore e corretto raffreddamento
Fusione secondaria	Polvere e metalli Gas acidi, alogenuri Composti organici *	Captazione polveri ed efficienti sistemi di depurazione Scrubber se necessario Selezione e pretrattamento del materiale, postcombustione e corretto raffreddamento, iniezione di carbone, efficiente filtrazione
Mantenimento/degasaggio	Polvere, alogenuri e metalli Composti organici*	Captazione polveri e depurazione Postcombustione e corretto raffreddamento
Recupero scorie e schiumature	Polvere, ammoniaca, fosfine e metalli	Captazione gas e trattamento
* Nota: i composti organici includono i VOC come carbonio totale (escluso CO) e le diossine		

Valori in emissioni associati all'utilizzo di tecniche BAT

Le emissioni in aria provenienti dai processi produttivi sono comprensive delle emissioni depurate e convogliate, e di quelle fuggitive non captate; gli attuali e moderni sistemi di depurazione se correttamente gestiti assicurano un'efficiente rimozione degli inquinanti. Al momento attuale le informazioni disponibili indicano che le emissioni fuggitive possono rappresentare il contributo maggiore dell'emissione globale in atmosfera. Le emissioni fuggitive devono essere valutate caso per caso ed un valido strumento di misura può essere rappresentato dal grado di efficienza di captazione dei fumi prodotti.

Le tabelle successive riassumono, in funzione del processo adottato, le tecniche BAT utilizzabili e le relative performance ambientali raggiungibili.

FORNI DI MANTENIMENTO E DI DEGASAGGIO			
Inquinante	**Range correlato all'uso delle BAT**	**Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi limiti**	**NOTE**
Polvere	< 5 mg/Nm^3	Filtro a maniche	
NO_X	< 100 mg/Nm^3 100 – 300 mg/Nm^3	Bruciatori basso NO_X Bruciatori ossigeno	Valori più alti sono associati all'uso di miscele arricchite in ossigeno. In questi casi il volume dei gas e la massa in emissione viene ridotta.
Note: solo emissioni raccolte. Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non sia praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e della polvere e la corretta temperatura operativa , saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema.			

PRETRATTAMENTO, FUSIONE E RIFUSIONE			
Inquinante	**Range correlato all'uso di BAT**	**Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi limiti**	**NOTE**
Polvere	< 5 mg/Nm^3	Filtro a maniche	Filtri a maniche ad alte prestazioni possono ridurre notevolmente i metalli.
NO_X	< 100 mg/Nm^3 100 – 300 mg/Nm^3	Bruciatori basso NO_X Bruciatori ossigeno	Valori più alti sono associati all'uso di miscele arricchite in ossigeno. In questi casi il volume dei gas e la massa in emissione viene ridotta.
Carbonio organico totale come C	< 15 mg/Nm^3 < 50 mg/Nm^3	Postcombustore Combustione ottimizzata	Pretrattamento del rottame per rimuovere il rivestimento organico

<table>
<tr><td>Diossine</td><td>$< 0,5$ ng/ Nm^3 TEQ</td><td>Filtri a manica ad alta efficienza, postcombustione e successivo quenching. Altre tecniche sono disponibili (adsorbimento su carbone, ossidazione catalitica)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Note: solo emissioni convogliate.
Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non sia praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e della polvere e la corretta temperatura operativa , saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema.</td></tr>
</table>

Acque reflue

Questo tipologia di emissione è caratteristica di ogni singolo insediamento produttivo; in ogni caso gli impianti di trattamento delle acque esistenti sono in grado di assicurare elevate prestazioni ambientali. Le acque di scarico devono essere trattate per rimuovere i solidi sospesi, gli oli ed eventuali gas disciolti. In vari stabilimenti viene praticato il riciclo e riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque depurate provenienti dal dilavamento dei piazzali.

Nel caso dell'alluminio secondario le emissioni di acque reflue possono pertanto derivare principalmente da:

a) stoccaggio all'aperto dei materiali;
b) utilizzo di scrubber ad umido per la depurazione degli aeriformi;
c) acque di raffreddamento.

Residui di processo

In questo ambito deve essere perseguito l'impegno per massimizzare il recupero e riutilizzo dei residui di processo, per ridurne la produzione o in alternativa per produrre residui con caratteristiche tali da poter essere impiegati in altri processi produttivi; questo approccio deve essere considerato come tecnica BAT.

In particolare si ricordano le seguenti tecniche:

a) utilizzo di forni che richiedono un minor consumo di miscela salina;
b) riciclo e recupero selettivo delle scorie saline;
c) ove possibile, riutilizzo dei refrattari e delle polveri di abbattimento dei fumi.

Nella tabella successiva vengono riassunte le tecniche BAT consigliate per il trattamento dei residui.

Tecniche BAT per i residui di produzione			
Residuo	**Origine**	**Trattamento**	**Note**
Scorie saline	Fusione a forno rotativo	Recupero per macinazione, dissoluzione e cristallizzazione. Produzione di sostanze recuperabili come granella di Al, sale e ossidi di alluminio.	Il processo dovrebbe permettere un elevato standard ambientale. Le emissioni fuggitive di polvere e gas come le fosfine, idrogeno dovrebbero essere raccolte ed abbattute. Previene lo smaltimento in discarica
Polveri da filtro	Depurazione fumi	Smaltimento previo trattamento o smaltimento in discarica Parziale riutilizzo nelle scorie saline o utilizzo nell'industria dell'acciaio	In alcuni paesi è vietato lo smaltimento sul suolo, possibile il trattamento termico (se neutralizzate con bicarbonato possono essere usate nel processo di recupero delle scorie saline)
Refrattari	Forni	Potenzialmente riutilizzabili con le schiumature, smaltimento in discarica	In alcuni paesi è vietato lo smaltimento al suolo
Schiumature	Tutti i forni che non usano sale ed inoltre da fonderie e smelters	Fusione in forni rotativi. Recupero, pellettizzazione usando forni rotativi a tamburo, la polvere può essere usata nel processo di recupero delle scorie saline	Previene lo smaltimento in discarica

Specificità della realtà italiana e considerazioni sulla raggiungibilità delle prestazioni ambientali associabili alle BAT

Le performance ambientali associate alle BAT sono da intendersi come migliori performance prevedibili a seguito dell'applicazione delle tecnologie considerate; esse rappresentano quindi delle indicazioni di massima e, per rappresentare uno strumento di riferimento affidabile e realistico per la definizione di eventuali limiti di emissione, devono tenere conto degli specifici processi in uso, della tipologia di materia prima utilizzata, delle caratteristiche tecniche degli impianti e delle specifiche condizioni ambientali locali.

In particolare valgono le seguenti considerazioni:

- la diversità di applicazione delle BAT nel caso di impianti nuovi o esistenti;
- nel caso di impianti esistenti, la fattibilità di eventuali ammodernamenti deve tener conto del principio richiamato nel Bref del corretto equilibrio costi/benefici sia in termini di investimenti che di gestione;
- l'effettiva " disponibilità " di tecniche sviluppate su larga scala in considerazione della specificità dei processi produttivi in uso e delle particolari condizioni di esercizio;
- la presenza di spazi " tecnici " adeguati per l'inserimento di nuove tecniche BAT.

Pertanto, rispetto a quanto riportato nel BRef in termini di migliori tecnologie impiantistiche, di pratiche gestionali moderne ed affidabili e di performance raggiungibili, nel caso specifico della produzione di alluminio secondario si ritiene utile evidenziare alcune specificità della realtà italiana.

<u>Consumi energetici</u>

Premesso che il consumo energetico per la produzione di 1 kg di alluminio proveniente dal riciclo di materie secondarie si aggira intorno al 5% del consumo necessario per produrre la stessa quantità da bauxite (alluminio primario), si riportano di seguito alcune considerazioni relative alla componente energetica nei processi per la produzione di alluminio secondario.

Le fasi di lavorazione all'interno del processo produzione di alluminio secondario si possono distinguere sommariamente in processi a freddo (fasi di pretrattamento dei rottami) ed a caldo (pretrattamento rottami e fusione); si deve considerare che:

a) la totalità delle aziende utilizza il metano come combustibile minimizzando di fatto la presenza di ossidi di zolfo nei gas di combustione;
b) a livello nazionale non vengono più utilizzati forni ad induzione che, utilizzando energia elettrica per la fusione dei rottami, sono contraddistinti da consumi energetici elevati;
c) il consumo di energia elettrica si concentra maggiormente in alcuni processi di pretrattamento dei rottami o nel riciclo dei sottoprodotti di fusione.

Pertanto risulta possibile dare una rappresentazione grafica delle distribuzione delle fonti energetiche all'interno del sistema produttivo secondo la tabella che segue.

Fase del processo	Energia elettrica	Combustibile (metano)
Frantumazione rottami	**	
Cernita metalli	*	
Essiccazione	*	**
Fusione (forni rotativi)	*	***
Riciclo sottoprodotti di fusione	**	
Depurazione emissioni	**	* (postcombustione)

Emissioni in atmosfera

Con riferimento alle indicazioni sulle prestazioni ambientali riferite alle specifiche tipologie di impianto richiamate nel BRef comunitario ed a seguito della ricognizione effettuata a livello di settore, per le principali fasi del processo produttivo, si riportano di seguito i valori di prestazione ottenibili con l'adozione delle tecniche considerate MTD rispetto a quelli attualmente raggiunti dalle aziende italiane.

Fase di processo	**Tecniche considerate MTD**	**Parametri**	**Prestazioni Associabili alle MTD**	**Prestazioni attuali**
Pretrattamento Processi a freddo (frantumazione, macinazione, flottazione a secco, cernita, ecc.)	Filtri a manica	Polveri	< 5 mg/Nm^3	< 20 mg/Nm^3
Pretrattamento Processi a caldo (essiccazione trucioli, decoater)	Filtri a manica Postcombustore e quench	Polveri	< 5 mg/Nm^3	< 20 mg/Nm^3
		COV	< 50 mg/Nm^3	< 50 mg/Nm^3
		Diossine	< 0,5 ng/Nm^3	
Fusione rottami	Filtri a manica Postcombustore e quench	Polveri	< 5 mg/Nm^3	< 20 mg/Nm^3
		COV	< 50 mg/Nm^3	< 80 mg/Nm^3
		Diossine	< 0,5 ng/Nm^3	
Recupero scorie (se presenti nel sito)	Filtri a manica, scrubber, postcombustore	Polveri	< 20 mg/Nm^3	< 20 mg/Nm^3
		Ammoniaca	< 30 mg/Nm^3	< 30 mg/Nm^3
		Fosfina	0,1–0,5 mg/Nm^3	< 1 mg/Nm^3
		Idrogeno solforato	40 - 50[5] mg/Nm^3	< 50 mg/Nm^3

[5] Nel Bref comunitario si riporta un intervallo caratteristico del settore pari a 50-100 mg/Nm^3

Monitoraggio

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

EMISSIONI CONVOGLIATE IN ATMOSFERA

Parametro	**Unità di misura**	**Frequenza di monitoraggio**
Polveri	mg/Nm^3	6 -12 mesi
Metalli (Cu, Pb, Cr tot, Zn, Hg, As, Ni)	mg/Nm^3	6 – 12 mesi

Acido cloridrico e acido fluoridrico	mg/Nm^3	6 – 12 mesi
COV	mg/Nm^3	6 – 12 mesi
Diossine	ng/Nm^3	vedi note successive
Ammoniaca	mg/Nm^3	6 – 12 mesi Parametri riferiti al processo di recupero sottoprodotti di fusione (scorie saline)
Idrogeno solforato	mg/Nm^3	
Fosfina	mg/Nm^3	

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

EMISSIONI IN ACQUA

Parametro	**Unità di misura**	**Frequenza di monitoraggio**
Solidi sospesi	mg/l	4 – 6 mesi
pH		4 – 6 mesi
COD	mg/l	4 – 6 mesi
Grassi ed oli	mg/l	4 – 6 mesi
Metalli (Al, Cu, Zn, Fe, Cr tot, Ni)	mg/l	4 – 6 mesi
Altri parametri relativi al D.Lgs 152/99 ed alla lista EPER, di cui sia ammissibile riscontrarne la presenza.	mg/l	4 – 6 mesi

Nota: metalli e sostanze tipiche della produzione ed elencati nella normativa nazionale possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle indicate

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

MONITORAGGIO DEI RIFIUTI

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

IL RAME E LE SUE LEGHE

Il rame ha elevate capacità tra cui:
- alta conducibilità elettrica;
- alta conducibilità termica;
- resistenza alla corrosione;
- di essere recuperato senza perdita di qualità.

Queste principali qualità del rame permettono di poterlo utilizzare per una vasta gamma di applicazioni, quali:
- conduttori elettrici e relativa componentistica
- ingegneria elettronica
- automobili
- costruzioni
- tubazioni
- costruzioni di navi ed aerei
- macchinari
- strumenti di precisione.

Si trova facilmente legato con lo Zn, Sn, Ni e Al ed altri metalli per comporre un'ampia gamma di leghe (bronzo, ottone, ecc).
La produzione del rame è basata sulla purezza catodica, es.99.95% di Cu, come riportato sulle norme standardizzate CEN.

Fonti di materia prima

Le principali sorgenti di rame in Europa possono essere trovate in:
- Portogallo (106.500 ton nel 1997);
- Svezia (86.600 ton).

Produzione e consumo

La produzione annuale di rame catodico è di 959.000 tonnellate utilizzando materia prima primaria e 896.000 tonnellate utilizzando materia prima secondaria.

Paese	**Miniera (x1000 t di Cu)**	**Fonderia (x1000 t di Cu)**	**Raffineria (x1000 t di Cu)**	**Semiprodotti (x1000 t di Cu)**
UE	239	1168	1854	4700
Non UE Europa	1135	1310	1271	500
Africa	642	562	531	20
Asia	1884	3330	3630	5600
America	6952	4586	6000	3900
Oceania	672	208	271	150

In Italia la produzione del rame e delle leghe del rame, sempre riferendoci all'anno 1997, ammonta a:

- 6.000 ton di rame primario catodico;
- 80.000 ton di rame secondario catodico;
- 990.000 ton di semiprodotti.

La tabella seguente mostra le produzioni in Europa, sempre all'anno 1997

Nazione	Produzione di minerale (x1000 t)	Rame catodico primario (Anodico) (x1000 t)	Rame catodico secondario (Anodico) (x1000 t)	Semiprodotti (x1000 t)
Austria			77	58
Belgio		203 (35)	183 (126)	392
Danimarca				
Finlandia	9	116 (171)		120
Francia		6	29	684
Germania		296	378	1406
Grecia				81
Irlanda				
Italia		6	80	990
Lussemburgo				
Olanda				
Portogallo	108			
Spagna	37	229 (+61)	63(+28)	268
Svezia	87	95	34	206
Gran Bretagna		9	58	483
Islanda				
Norvegia	7*	33		
Svizzera				70
Nota: * La produzione corrente del minerale cesserà nel 2000.				

In Europa ci sono dieci maggiori raffinerie di cui cinque utilizzano materie prime primarie e secondarie le restanti solo materie prime secondarie. Le maggiori si trovano in Danimarca, Belgio, Svizzera e Finlandia con una capacità annua di rame catodico purificato che va da 100.000 a 250.000 tonnellate; altre industrie presenti in Italia, Spagna, Austria, Gran Bretagna e Belgio hanno una capacità annua che va da 35.000 a 100.000 tonnellate.

Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili anche con riferimento alle analisi comunitarie descritte nel BRef

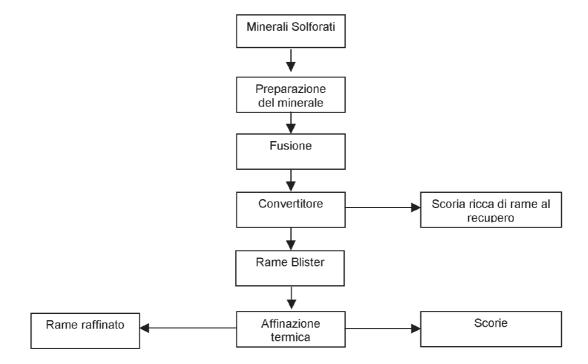
L'energia utilizzata nel processo elettrolitico è la più significativa. La richiesta energetica (netta) utilizzando concentrati di rame è nell'intervallo 14-20 GJ/t di rame

catodico. L'energia consumata attraverso la raffinazione elettrolitica per la produzione di rame è nell'intervallo 300-400 kWh per tonnellata di rame.

Produzione Rame primario

Il rame primario può essere prodotto dai composti primari e da altri materiali attraverso processi pirometallurgici ed idrometallurgici. I composti contengono generalmente anche altri metalli i quali vengono recuperati e separati dal rame attraverso particolari processi e tecniche. Il rame si trova raramente presente in natura allo stato nativo, mentre allo stato di composto si possono suddividere in due grandi categorie: ossidi e solfuri.

<u>Processo pirometallurgico</u>

Il numero di steps dipende dalla natura del concentrato usato. I minerali più importanti del rame sono solfuri e le fasi del processo sono: arrostimento, fusione, conversione, raffinazione e raffinazione elettrolitica. La figura seguente mostra uno schema del ciclo di lavorazione dei minerali contenenti solfuri di rame

Dal concentrato alla fusione della metallina

L'arrostimento parziale converte i solfuri complessi di rame e ferro in concentrati di solfuri semplici attraverso il riscaldamento del minerale sotto condizioni ossidanti. Lo zolfo presente nei gas effluenti viene inviato ad un impianto di trattamento di acidi producendo acido solforico o SO_2 liquido.
Il processo di arrostimento parziale dei concentrati non è generalmente utilizzato.
I minerali solforati di rame, vengono trattati in forni per la fusione e la produzione della metallina. Con il trattamento di fusione si provoca l'ossidazione parziale del solfuro di ferro (FeS_2) fino a ossido che, in presenza di silice appositamente aggiunta, scorifica come silicato; il solfuro di ferro residuo passa a FeS che forma, assieme al solfuro di rame (CuS_2), una massa fusa ed omogenea che a causa della densità molto maggiore di quella della scoria decanta sul fondo del forno ed è denominata metallina. Agenti fondenti contenenti silice vengono aggiunti alla massa fusa per facilitare la formazione delle scorie.
I processi utilizzati sono due: fusione in un bagno fuso (bath smelting) e fusione in corrente gassosa (flash smelting). Il processo flash smelting opera in condizioni di abbondanza di ossigeno il quale permette di ottenere delle reazioni fortemente esotermiche e ciò rende possibile condurre la fusione del minerale senza apporto di calore dall'esterno, cioè senza aggiunta di combustibile. Il processo bath smelting opera sotto concentrazioni di ossigeno basse.
Il processo bath è adottato da forni come: a riverbero, elettrico, ISA Smelt, Noranda, Mitsubisci, Tieniente, Baiyin, Vancyucov. La tecnologia Flash Smelting è adottata da: Outokumpu o INCO falsh smelter o forni di tipo Contop.

Conversione

Generalmente vengono utilizzati due tipologie di processo:
1. Discontinuo: quello più utilizzato e Pierce-Smith. La metallina viene trattata in un ambiente fortemente ossidante, che ne permette la trasformazione in rame greggio (blister) a titolo intorno a 98,5 %. Nel convertitore viene insufflata aria, che avviene lungo una generatrice ed al di sopra del bagno fuso. La metallina fusa ad una temprатura tra i 1000 e i 1100° C, è caratterizzata da una miscibilità completa tra i due componenti FeS- CuS_2, viene versata nel convertitore che può essere rivestito con materiale acido o basico. Generalmente viene utilizzato un rivestimento basico perché permette un numero di colate estremamente superiore ad uno acido (200 contro 6). Nel primo caso la silice necessaria alla scorificazione del ferro verrà appositamente aggiunta nella fase di ossidazione, mentre nel secondo caso sarà lo stesso rivestimento del convertitore a fornire la silice necessaria. Il processo di conversione provoca l'ossidazione del solfuro di ferro a ossido di ferro, che viene subito scorificato dalla silice e tale reazione esotermica permette non solo di compensare le perdite termiche del sistema, ma provoca l'incremento della temperatura della massa metallica e le impurezze metalliche presenti (zinco e piombo) volatilizzano. Le impurezze volatilizzate vengono raccolte e inviate in un impianto di trattamento e recuperate. Data la maggiore affinità dello zolfo per il rame che non per il ferro, finchè è presente solfuro di ferro si verifica solo la reazione di ossidazione del solfuro di ferro ad ossido, mentre la metallina si va

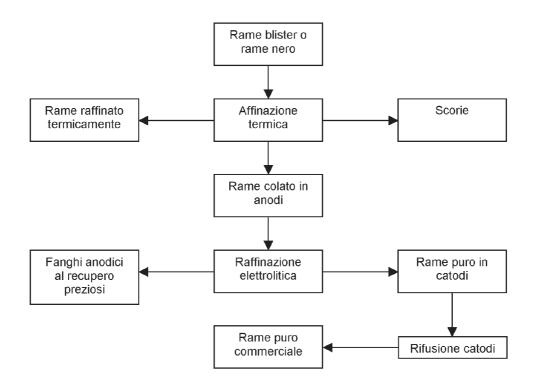
arricchendo in solfuro di rame, sino ad vere CuS_2 quasi puro. La scoria dopo essere stata allontanata, viene rilavorata in quanto ha un contenuto di rame tra il 2 e il 5%.
2. Continuo:ricordiamo per questa tecnologia il convertitore Kennecott/Outokumpu, Mitsubishi ed il Noranda. Il Mitsubishi ed il Noranda diversamente dal processo Kennecott/Outokumpu hanno: la metallina dal forno di fusione è prima granulata in acqua, macinata ed essiccata. Il materiale è miscelato con agenti scorificanti e inviato in un bruciatore all'interno di un forno a combustione istantanea in presenza di un'atmosfera ricca di ossigeno, dove avviene la conversione. Il processo produce una quantità costante ed elevata di SO_2 opportunamente recuperata.

Affinazione Termica

Questa operazione, pur essendo tipica dei primaristi e secondaristi come le altre fasi descritte nella produzione di rame primario, viene anche utilizzata dai produttori di semilavorati quando è necessaria una affinazione.
In questa operazione si hanno due fasi: una di ossidazione e una di riduzione, utilizzando forni a riverbero, statici o rotativi.
Nella fase di ossidazione, vengono ossidati ad opera dell'ossido del rame, che nel bagno fuso agisce da trasportatore di ossigeno, tutti gli elementi meno nobili e più ossidabili del rame (Fe, Pb, Ni, ecc); questi si raccolgono in una scoria silicea che viene allontanata.
Completata l'ossidazione, che lascia anche del rame ossidato in quando l'eliminazione dello zolfo può avvenire solo dopo che sia stato scorificato il ferro e la maggior parte delle impurezze, si procede alla fase di riduzione del bagno, che si rende necessaria poiché l'ossido rameoso ed il solfuro di rame, ancora presenti, risulterebbero deleteri ai fini della qualità del prodotto. Tale operazione viene eseguita per immersione e agitazione nella massa fusa, di un tronco di pino verde (*poling*). Il legno, nelle condizioni ambientali del forno, subisce una distillazione con sviluppo di vapore acqueo, idrocarburi, idrogeno e ossido di carbonio che favoriscono l'allontanamento dell'anidride solforosa ancora presente nel bagno e riducono gran parte dell'ossido rameoso presente.
Il rame così ottenuto non è ancora sufficientemente esente da ossigeno e pertanto la riduzione può essere proseguita con legno secco. Tale grado di raffinazione è sufficiente qualora debba essere ulteriormente raffinato per via elettrolitica; se, invece, il rame deve essere ottenuto allo stato di uso tecnologico senza ulteriore raffinazione, la riduzione viene completata con l'aggiunta di leghe rame-fosforo (rame fosforoso).
Come agente riducente è stata utilizzata anche l'ammoniaca, ma questa incrementa il livello degli NO_x.

Raffinazione elettrolitica

Nell'affinazione termica non si possono eliminare tutte le impurezze, sia per non ossidare ulteriormente il rame, sia perché diverse impurezze (metalli preziosi) sono meno ossidabili del rame. L'ulteriore raffinazione avviene per via elettrolitica.
Il rame raffinato termicamente, colato in anodi di forma adeguata, viene immesso in una soluzione acquosa contenente acido solforico e solfato di rame; l'anodo è collegato al

polo positivo di una sorgente di corrente continua, mentre il catodo è costituito da un lamierino di rame puro, nel caso di collegamento in parallelo, o da una faccia dell'anodo stesso, nel caso di collegamento in serie.
Per effetto del passaggio di corrente, ad elevata densità e basso voltaggio, avverrà un passaggio di rame dall'anodo al catodo, mentre le impurezze resteranno in soluzione o si depositeranno sul fondo della vasca (fanghi anodici).
Il rame puro ottenuto dai catodi viene rifuso in forme commerciali in forni con procedimento metallurgico analogo a quello dell'affinazione termica. La colata viene fatta in lingotterie aperte orizzontalmente per ottenere le barre da filo (*wire-bars*), cioè dei lingotti che vengono poi laminati per vergelle e quindi trafilati a filo.
Il rame perfettamente disossidato ad alta conducibilità viene ottenuto fondendo i catodi in atmosfere controllate e senza aggiunte di elementi disossidanti come ad esempio il fosforo. La figura seguente mostra uno schema delle operazione di raffinazione del rame.

Il livello di impurità presente sull'anodo influenzerà la qualità del catodo; il livello di impurezze dell'anodo dipenderà a sua volta dalla qualità della materia prima primaria o secondaria.
Riportiamo nella tabella seguente le impurezze rimosse durante la raffinazione elettrolitica.

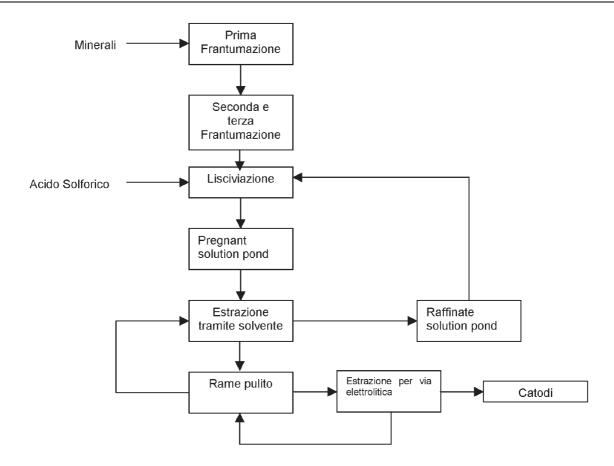
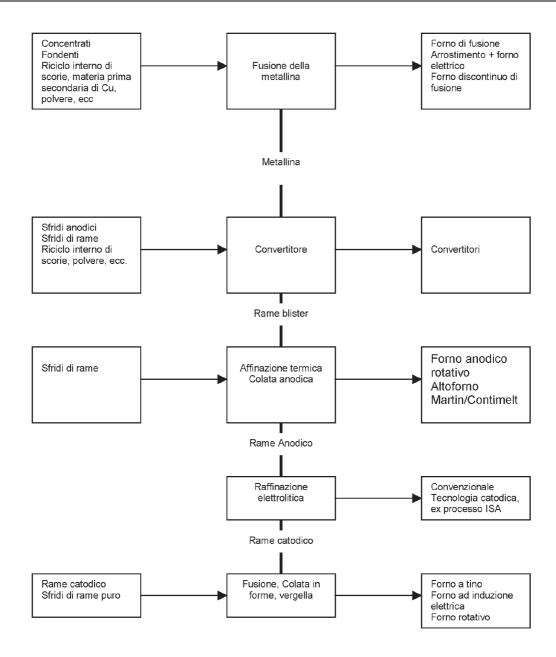
Elemento	**Contenuto nell'anodo* g/t**	**Contenuto nel catodo g/t**
Argento	600-720	9-10
Selenio	50-510	<0.5
Tellurio	20-130	<0.5

Arsenico	700-760	<1
Antimonio	330-700	<1
Bismuto	60	<0.5
Piombo	990-5000	<1
Nichel	1000-5000	<3
Note: *La qualità dell'anodo dipende dai contenuto della materia prima.		

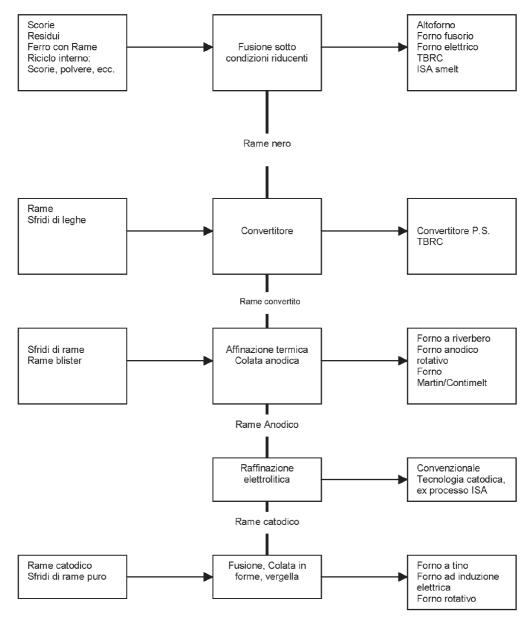
Trattamento dei fanghi anodici

Costituiscono un importante sottoprodotto della raffinazione elettrolitica del rame e rappresentano una fonte non trascurabile di metalli preziosi.
I fanghi pompati dal fondo delle celle e recuperati dalla filtrazione dell'elettrolita, dopo decantazione ed essiccazione vengono calcinati a 600° C in modo da provocare l'ossidazione del rame e la parziale volatilizzazione di arsenico, selenio e tellurio. Il calcinato viene quindi liberato dal rame per lisciviazione con acido solforico.
Segue un trattamento di ossidazione in un forno, ad esempio a riverbero, con fondente a base di carbonato di sodio e silice: si ha così l'eliminazione del selenio e tellurio per volatilizzazione e l'eliminazione per scorificazione di Pb, As, Sb e Fe. La massa che resta nel forno è ricca di argento; questa viene colata in anodi e quindi elettrolizzati per il recupero dell'argento puro al catodo, lasciando nella melma anodica l'oro, il platino ed i metalli pesanti del gruppo.
Un altro processo è quello di inviare la scoria in forni elettrici e facendola reagire con il carbonio nella forma di coke a grana fine. La scoria così trattata può essere avviata a processi di flottazione, raffreddamento, frantumazione e macinazione ottenendo un composto ricco in rame e riavviato alla fusione.
Le scorie provenienti dal trattamento delle scorie sono utilizzate in opere ingegneristiche come: costruzioni di strade, argini fluviali ed applicazioni simili.

Processo Idrometallurgico

E' un processo tipico dei primaristi e secondaristi. Il processo è generalmente applicato ai minerali contenenti ossidi di rame o miscelati con minerali contenenti solfuri in quei siti dove c'è uno spazio sufficiente per sviluppare i trattamenti di lisciviazione. Il processo risulta utile per quei minerali che sono difficili da concentrare attraverso processi convenzionali ed in oltre non contengono metalli preziosi.
Questo processo si sviluppa attraverso la frantumazione dei minerali seguita dalla lisciviazione utilizzando acido solforico, a volte in presenza di specie biologiche. Il liquido prodotto dalla lisciviazione viene purificato e concentrati attraverso l'estrazione mediante solvente. Il grafico seguente mostra uno schema di processo idrometallurgico.

Il rame viene estratto per via elettrolitica e tale processo si differenzia dalla raffinazione elettrolitica per la forma dell'anodo. Il primo utilizza un anodo inerte come piombo o titanio e gli ioni del metallo vengono rimossi dalla soluzione e depositati sul catodo con le stesse modalità del secondo processo.
La figura della pagina seguente mostra uno schema di flusso per la produzione di rame primario.

Produzione rame secondario

La produzione di rame dalle materie prime secondarie avviene attraverso il processo pirometallurgico. I processi dipendono dal contenuto di rame presente nella materia prima secondaria, dalla sua distribuzione granulometrica e da altri costituenti. Come per il rame primario, la rimozione di questi costituenti ed il recupero di metalli avviene attraverso processi intermedi.

La materia prima secondaria può contenere componenti organici e oli naturali, per cui deve essere preventivamente sottoposta a metodi di pulizia per una corretta scelta del processo di produzione e delle tecniche di abbattimento.
I processi per la produzione del rame secondario sono generalmente simili a quelli per il rame primario, la fusione della materia prima secondaria avviene sotto condizioni riducenti. La figura successiva mostra uno schema di produzione del rame da materie prime secondarie.

Produzione di semilavorati

Le industrie produttrici di semilavorati, che in Italia sono la grande maggioranza del settore, effettuano a volte una limitata azione di affinazione termica del rame attraverso forni rotativi (Thomas e simili) così da eliminare le impurità soprattutto del materiale di riciclo.
Nel precedente paragrafo "affinazione termica" è descritto tale tipo di trattamento.
Se il rame da fondere è puro viene normalmente utilizzato un forno verticale a gas (forno a tino) in cui non viene fatta affinazione e serve solo per dare nuova forma al metallo.
Le leghe di rame, ed a volte anche il rame stesso, sono prodotte in forni elettrici ad induzione, del tipo a crogiolo per il materiale minuto, e del tipo a canali per fusione di pezzi più consistenti.
Per assicurare la continuità di funzionamento della macchina di colata (la fusione è un processo intermittente mentre la colata è un processo continuo o semi-continuo) sono utilizzati i forni di attesa, normalmente alimentati a gas per il rame, ed elettrici (a induzione) per le leghe.
La colata avviene per mezzo di lingottiere di cristallizzazione mediante le quali avviene la solidificazione del metallo.
La tipologia si divide tra: statica in forme (usata solo in casi limitati), continua e semicontinua. Le configurazioni ottenibili sono in funzione del prodotto finale (nastri, barre ect)

Produzione delle leghe del rame

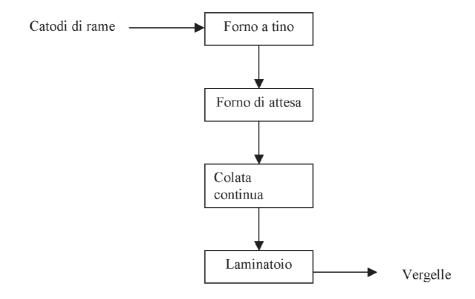
Un'ampia varietà di leghe sono prodotte con metalli quali: Ni, Sn, Zn, Al ecc. La produzione di lingotti di rame o le sue leghe richiedono un'accurata composizione dei suoi costituenti. Questo è ottenuto dalla ricezione e dallo stoccaggio della materia prima attraverso la segregazione e la cernita. Il rame o le sue leghe possono essere ottenute attraverso la fusione in forni rotativi o ad induzione in modo discontinuo. Ad esempio, il forno rotativo è generalmente utilizzato per scarti più sporchi aggiungendo fondenti per separare componenti non desiderati, ed in particolare il ferro.

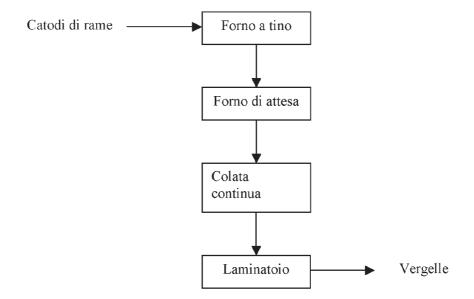
La produzione delle vergelle

Le vergelle sono prodotte con rame ottenuto attraverso la raffinazione elettrolitica, poiché questo tipo di rame ha la percentuale minore di impurità che possono peggiorare caratteristiche come conduttività, ricottura e resistenza a caldo. Particolare attenzione deve essere posta nel controllo continuo dei parametri di funzionamento del forno, in modo da minimizzare l'assorbimento di ossigeno da parte del metallo.
I processi utilizzati per la produzione delle vergelle sono:

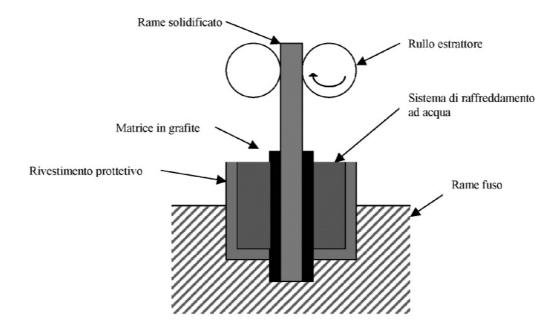
- il processo Southwire
- il processo Contirod

- il processo Properzi e Secor
- il processo Upcast

Il processo Southwire
Il metallo è fuso in un forno a tino, alimentato a metano o propano; il combustibile è sottoposto ad una combustione controllata, in modo da mantenere una atmosfera riducente (dallo 0.5% all'1,5% di CO o H_2) e ridurre il contenuto di ossigeno del metallo fuso. I gas provenienti dal forno sono raffreddati e la polvere è rimossa con i fabric filter.

Il rame fuso è scaricato in un forno d'attesa, riscaldato con gas naturale, nel quale il rame è mantenuto in temperatura ed è sottoposto ad eventuali trattamenti metallurgici. Il metallo fuso è poi raccolto in una siviera sottostante il forno di attesa, e da qui è avviato alla colata continua (in questa operazione il rame fuso è solidificato in parallelepipedi di sezione rettangolare o quadrata).
In questo caso la colata continua è effettuata da una ruota, raffreddata da acqua, e ricoperta per metà da un nastro di acciaio, in modo da formare una cavità in cui il metallo assume la forma di una barra con sezione trapezoidale (con superficie tra i 5000 e gli 8300 mm^2).
Le barre sono caricate nel laminatoio, che è costituito da una gabbia sbozzatrice e da una gabbia finitrice. Come lubrificante, è utilizzata una soluzione sintetica di olio minerale in acqua.
All'uscita del laminatoio la vergella è raccolta in matasse.

Il processo Contirod
Il processo è simile a quello visto in precedenza.

Nel forno a tino è fuso il metallo, che viene poi trasportato in un forno di attesa rotatorio attraverso
un apposito canale di colata. Il rame fuso è mandato in un imbuto, utilizzato per la colata, che ha la funzione anche di regolare la velocità di alimentazione per la colata. La colata continua è effettuata, per il processo Contirod, con una macchina Hazelett, che ha il compito di solidificare il rame fuso in un parallelepipedo con una sezione rettangolare tra i 5000 mm^2 e i 9100 mm^2. Una volta prodotta, la barra è sottoposta ad operazione di sbavatura ai quattro angoli, ed è avviata al laminatoio. Come lubrificante, è utilizzata una soluzione sintetica di olio minerale in acqua.

I processi Properzi e Secor
Questi due processi sono simili a al processo Southwire, tranne che per la forma della barra di rame uscente dalla macchina per colata, che può avere una sezione con una geometria diversa.

Il processo Upcast
Il rame è fuso in un forno ad induzione. Il metallo fuso è trasferito, in modo discontinuo, in un forno di attesa anch'esso ad induzione. Per piccole capacità produttive, è spesso presente un solo forno che funziona sia da forno fusorio che da forno di attesa.
Il processo è effettuato nel seguente modo. Una matrice di grafite raffreddata ad acqua è immersa, per una certa profondità, nel rame fuso. Il rame solidificato è "tirato su" da rulli estrattori, e lascia spazio nella matrice che si riempie di nuovo metallo fuso.

Il processo inizia immergendo una barra di acciaio ("canna") con una punta in rame ("esca"), attraverso la matrice in grafite. Il rame fuso che entra in contatto con "l'esca" solidifica, e non appena ciò avviene la barra di acciaio è estratta velocemente e poi tagliata una volta superati i rulli estrattori. Da questo momento in poi il processo è innescato, e la vergella prodotta è raccolta in matasse.

Schemi tipici di funzionamento dei forni utilizzati nelle produzioni secondarie

Nelle due figure che seguono sono presentati gli schemi tipici di funzionamento dei due principali tipi di forno utilizzati nelle produzioni secondarie di rame e nei semilavorati.

SCHEMA DI FLUSSO IMPIANTO FORNO VERTICALE A GAS
Rame secondario:
- Rottami riciclo
- Rottami acquisto
Super(1^,2^)
Rame primario:
- Catodi(A,Stnd.)
- Panetti Raffinati
pressa
paccottatrice
skip di
carica
Cappa aspirazione
fumi
Forno
fusorio
a gas
Ciclone e
Filtro a maniche
x abbattimento fumi
Camino
scorie
cedute a
terzi
polveri
abbattimento fumi
cedute a terzi
Canala riscaldata
a gas
Dosatore
fosfuro
Forno attesa a gas
n° 1
Forno attesa a gas
n° 2
scorie
cedute a
terzi
scorie
cedute a
terzi
1
2
3
4
Postazioni di colata
1 e 2
Placca
Billetta
Postazioni di colata
3 e 4
Torre di
raffreddamento
acqua lingottiere

SCHEMA DI FLUSSO IMPIANTO FORNO ROTATIVO THOMAS
Rame secondario:
- Rottami riciclo
- Rottami acquisto
Normali(1^,2^,3^)
pressa paccottatrice
cassa di carica
Ciclone e Filtro a maniche x abbattimento fumi
Camino
Cappa aspirazione fumi
Forno fusorio e raffinazione a gas
polveri abbattimento fumi cedute a terzi
scorie cedute a terzi
Cappa aspirazione fumi
Siviera x trasferimento metallo liquido
Placca
Postazione di colata
Forno di attesa a gas
Billetta
scorie cedute a terzi
Torre di raffreddamento acqua lingottiera

Emissioni dalla produzione del rame primario

Accertato che in Italia non operano produttori di “rame primario”, vale la pena comunque di descrivere brevemente, per completezza informativa, la produzione del rame primario. I dati di input ed output per la fusione primaria dipendono dal contenuto di rame nel concentrato, dalla concentrazione di altri metalli (As, Se, Hg, Ag, Au ecc) e dall’uso degli scarti del rame o di altri materiali contenenti rame nelle diverse parti del processo.
Le principali fasi della produzione di rame primario possono essere sinteticamente riassunti in:

- arrostimento e fusione;
- conversione;
- fusione in ambiente riducente (Forno anodico);
- raffinazione elettrolitica.

Nel processo di arrostimento e fusione si hanno le seguenti potenziali emissioni in aria :

- SO_2;
- polveri;
- vapori di ossidi di metallo;

mentre i rifiuti solidi sono:

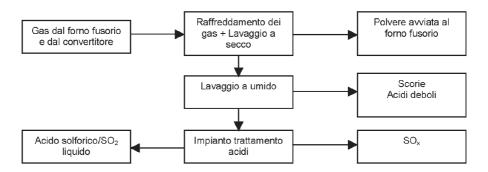
- polveri;
- rivestimenti refrattari dei forni.

Dai processi di arrostimento e di fusione si ottiene come prodotto la metallina che a sua volta subisce un successivo trattamento di trasformazione nel convertitore.
Questo processo riceve come materia da lavorare non solo la metallina ma anche scorie, scarti, aria ed ossigeno. Le emissioni in aria generate da questo stadio sono:

- SO_2;
- metalli;
- polveri dai filtri;

mentre i rifiuti solidi sono:

- polveri;
- rivestimenti refrattari dei forni.

La figura successiva mostra lo schema di trattamento dei gas provenienti dal forno di fusione e dal convertitore.

Lo schema seguente, invece, mostra un generico diagramma di dati in input ed output per la produzione di rame primario.

INPUT

POTENZIALI OUTPUT

Concentrati
Fondenti
Ossigeno

Arrostimento
Fusione

Emissioni in aria: SO_2, polvere, vapori di ossidi di metallo, polveri, emissioni sul suolo, rivestimenti dei forni

Scorie

Trattamento scorie

Metallina

Emissioni in aria, emissioni sul suolo, In funzione del processo: rivestimento forni, polvere

Fondente
Sfridi
Aria e
Ossigeno

Scorie o metallina

Convertitore

Emissioni in aria: SO_2, metalli
Emissioni sul suolo: rivestimenti dei forni, polvere da filtri

Rame blister

Scorie

Riducenti
Sfridi
Aria

Forno Anodico

Emissioni in aria: SO_2, metalli

Anodi

Scarti anodici

Raffinazione Elettrolitica

Nichel

Scorie Finali

Fanghi

CATODI

Costruzioni

Metalli Preziosi

Emissioni dalla produzione di rame secondario

La materia prima secondaria può essere immessa in diverse parti del processo secondario dipendendo dalla purezza, dal contenuto di altri metalli e dal grado di contaminazione superficiale.
Le principali fasi della produzione di rame secondario possono essere sinteticamente riassunti in:

- fusione e riduzione;
- convertitore;
- fusione in ambiente riducente (forno anodico);
- raffinazione elettrolitica.

I materiali che vengono avviate alla fusione e riduzione sono rappresentate da:

- residui di bassa qualità;
- coke;
- ossigeno;
- fondente.

Nel processo di fusione e riduzione si hanno le seguenti potenziali emissioni:

- CO;
- polveri;
- vapori di ossidi di metallo;
- diossine;
- COV;

ed i rifiuti solidi:

- polveri
- rivestimenti refrattari dei forni.

Dai processi di fusione e riduzione si ottiene come prodotto la metallina che a sua volta subisce un successivo trattamento di trasformazione nel convertitore.
Questo processo riceve come materia da lavorare non solo la metallina ma anche scorie, scarti, aria ed ossigeno. Le emissioni generate da questo stadio sono:

- SO_2;
- metalli;
- polveri;

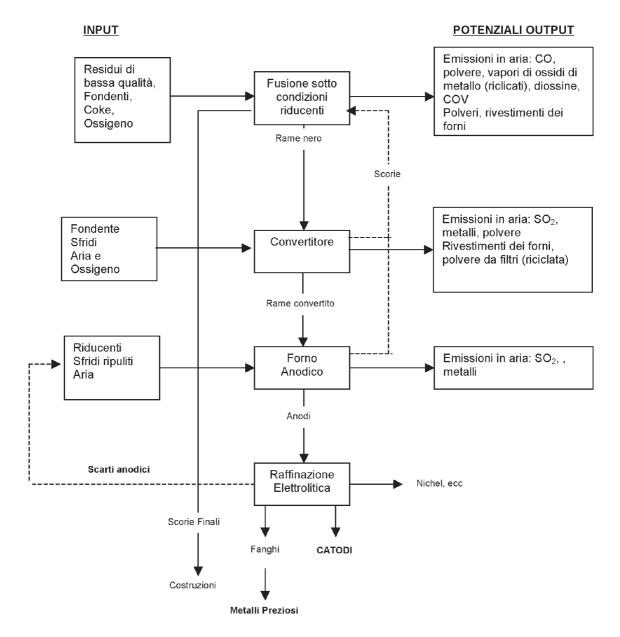
ed i rifiuti solidi sono:

- polveri da filtro (riciclati);
- rivestimenti refrattari dei forni.

Dalla precedente trasformazione si ha come output il rame blister il quale viene destinato ad una successiva trasformazione nel forno anodico. Nel forno anodico viene

convogliato oltre che il rame blister anche agenti riducenti, sfridi non contaminati ed aria.
L'output di questo stadio di processo è rappresentato dal rame colato in anodi mentre le emissioni generate sono rappresentate da SO_2, metalli e polvere.
Infine il rame colato in anodi subisce un ultimo trattamento di raffinazione elettrolitica ottenendo così rame puro in catodi e fanghi avviati al recupero di metalli preziosi come prodotti; gli sfridi degli anodi vengono convogliati nel forno anodico.
Le scorie prodotte dalle varie fasi del processo vengono mandate di nuovo in fusione.

Alcuni residui vengono riciclati all'interno del processo da altri processi associati. I produttori dei metalli non ferrosi, per esempio piombo, zinco e stagno, utilizzano i residui come materia prima per i loro processi.

Nella figura che segue è mostrato un generico diagramma di dati in input ed output per la produzione di rame secondario.

Emissioni nella produzione di semilavorati

I processi di lavorazione che determinano emissioni in fonderia sono la fusione senza raffinazione, la fusione con attività di raffinazione termica, la colata con il relativo forno di attesa, ove presente.

Vi sono anche le attività associate, legate alla utilizzazione di materie prime secondarie di recupero, quali la preparazione di paccotti a mezzo pressa per facilitare la movimentazione/ introduzione di materiale di media pezzatura in forno, la preparazione delle torniture a mezzo vaglio ed essiccatore per eliminare umidità ed impurezze

Le principali emissioni sono:

In aria

- Polveri (ossidi di metalli, inerti)
- CO e CO_2 (da forni a gas)
- NOx
- COV

Rifiuti solidi

- Scorie dai forni
- Polveri da filtrazione prima della emissione dei gas in atmosfera
- Rivestimenti refrattari dei forni

I rifiuti suddetti contenenti metallo sono inviati alle industrie dei primaristi e secondaristi per il riutilizzo dei metalli stessi.

A volte, principalmente nel ciclo della lavorazione dell'ottone, il trattamento delle scorie con il relativo recupero del metallo è fatto sul posto, normalmente a mezzo vagliatura e frantumazione a secco con emissione di scarti inerti e polveri.

Rifiuti liquidi

Spurghi dei circuiti chiusi delle acque di raffreddamento, effettuato a mezzo torri evaporative

Rifiuti fangosi

Pulizia saltuaria delle fosse di colata, con presenza di ossidi dei metalli in lavorazione

Nella figura seguente è mostrato uno schema a blocchi tipico della produzione di leghe. Nel caso specifico del diagramma qui mostrato si tratta di produzione di ottone ma lo schema logico rimane interamente applicabile solo sostituendo l'ingresso di Zn e Pb con altri metalli (Sn per il bronzo, ad esempio).

RAME
Pani e catodi
RAME
da demoliz.
(cavi puliti)
TORNITUR
A
ROTTAMI
(Cu e OT)
PIOMBO
Pani
ZINCO
Pani
METALLI VARI
Mat. prime e di riciclo
PARCO METALLI
ACCETTAZIONE
N
restituzione al fornitore
SI
CERNITA E
IMPACC. ROTTAMI
ESSICAZIONE
TORNITURA
Impianto abbattimento emissioni con post bruciatore, ciclone + filtro a maniche
PREPARAZIONE CARICHE
Impianto raffreddamento forni con riciclo dell'acqua, torri di raffreddamento, ecc.
SCORIE
FORNI FUSIONE
AD INDUZIONE
Impianto abbattimento emissioni con ciclone + filtro a maniche
TRATTAMENTO
SCORIE
COLATA
(forni attesa)
Impianto raffreddamento colata con riciclo dell'acqua, torri di raffreddamento, ecc.
Impianto abbattimento emissioni con ciclone + filtro a maniche
TAGLIO BILLETTE
SCORIE
CEDUTE A
alle presse di estruzione
POLVERI IMPIANTO
ABBATTIMENTO
EMISSIONI CEDUTE A
TERZI

Sintesi inquinanti emessi in aria nella produzione di rame e sue leghe

Polvere, composti metallici, carbonio organico (che può provocare la formazione di diossine) e SO_2 possono essere emessi in aria. Le potenziali sorgenti di emissioni in aria sono mostrate nella tabella che segue.

Sorgenti delle Emissioni	**Polvere e composti metallici**	**Diossine**	**Carbonio organico**	**Composti dello Zolfo**
Materiale trasportato	**			
Stoccaggio	*			
Essiccazione	***		*	*
Trattamento scarti	**	*** (secondario)	*** (secondario)	
Fusione	***	*** (secondario)	* (secondario)	*** (Trattati in un impianto di recupero)
Convertitore	**	* (secondario)	* (secondario)	*** (Trattati in un impianto di recupero)
Raffinazione	**	* (secondario)	* (secondario)	*
Fusione/Colata	* (** per le leghe)		* (secondario) + CO	
Trasporto metallo fuso	***			*
Elettrolisi				
Trattamento scorie	**		* (CO)	
Note : *** Molto significativo..* poco significativo				

Gli ossidi di azoto sono relativamente irrilevanti ma possono essere assorbiti dall'acido solforico prodotto nei processi primari; l'ossigeno in eccesso può ridurne la formazione nel trattamento termico.

Monossido di carbonio

In aggiunta alle emissioni sopra citate il processo di fusione, che deve avvenire in un ambiente riducente, può produrre quantità significative di monossido di carbonio. Questo avviene in particolare nella fusione del rame con elevata purezza nei forni a tino o nella produzione di vergella e nei prodotti con elevata conduttività. Il processo opera sotto condizioni riducenti ed il contenuto di monossido di carbonio nei gas è elevato, tipici livelli sono di 5000 mg/Nm^3.
Tipici valori di CO prodotto nei forni a tino è da 2000 a 11000 grammi per tonnellata di rame. Il CO è anche prodotto nei forni in cui vengono decontaminate le scorie e negli

altiforni; i post combustori possono essere utilizzati per rimuover il CO, fornendo una concentrazione tipica nell'intervallo 10-200 mg/Nm^3.

Emissioni in atmosfera di polveri e composti metallici

Questi inquinanti possono essere emessi da vari stadi della produzione. Le emissioni dirette e fuggitive di polvere dalle diverse fasi del processo come fusione, conversione e raffinazione sono potenzialmente alte. L'importanza di queste emissioni è legata anche al fatto che questi processi sono utilizzati per la rimozione di metalli volatili come Zn, Pb, As e Cd dal rame e tali metalli sono presenti sia nei gas che parzialmente nelle polveri.
I forni per la produzione di rame primario riescono a tenere bene le polveri ed a minimizzare le emissioni fuggitive. Per minimizzare tali emissioni una buona manutenzione dei forni e delle condotte deve essere realizzata.
I forni per la produzione di rame secondario sono più proni al rilascio delle emissioni fuggitive durante i cicli di carico e spillatura del metallo fuso. Tali forni sono provvisti di un'apertura per il carico molto grande, pertanto una loro deformazione o una mancata chiusura ermetica (guarnizioni) possono contribuire in modo significativo al rilascio delle emissioni fuggitive.
I gas raccolti sono generalmente raffreddati e le polveri sono rimosse dal flusso del gas attraverso precipitatori elettrostatici o filtri a sacco. Usualmente un alta efficienza di filtrazione è ottenuta e la concentrazione di polvere dopo l'abbattimento è contenuta nell'intervallo <1 – 10 mg/Nm^3.
La produzione delle leghe del rame, come ad esempio per l'ottone, genera vapori significativi di ZnO e nel processo di colata sono perciò richiesti sistemi di raccolta efficienti. Le emissioni dei metalli sono fortemente dipendenti dalla composizione delle polvere prodotte dal processo. La composizione varia largamente ed è influenzata:

- dal processo che genera le polvere;
- dalla materia prima.

La tabella che segue mostra le composizioni tipiche della polvere per le diverse tipologie di lavorazione del processo del rame.

Componenti	**Polvere Forno di fusione per Metallina PE**	**Polvere Altoforno**	**Polvere Convertitore scarti**	**Polvere Convertitore metallina PE**	**Polvere Forno di decontamin. degli scarti**	**Polvere Forno anodico**
Pb %	0.1 – 5	5 – 40	5 – 30	2 – 25	2 – 15	2 – 20
Zn %	0.1 – 10	20 – 60	25 – 70	5 – 70	25 – 60	5 – 40
Sn %	0.1 – 1	0.2 – 5	1 – 20	0.1 – 4		
Cu %	5 – 30	2 – 12	2 - 15	10 – 25	0.5 – 2.5	15 – 25
As %	0.1- 4					0.5 - 10
Ni %	0.1 - 1	0.1 - 1		0.1 – 1		
Nota : PE = Precipitatori elettrostatici						

Mentre la tabella seguente riporta analoghe composizioni associate alle produzioni di semilavorati.

Componenti	**Polvere da fonderia semilavorati in rame- affinaggio compreso**	**Polvere da fonderia semilavorati ottone**
Pb %		0,5-4
Zn %		< 60
Cu %	1 - 4	1 - 15
Nota : Impianti abbattimento composti da filtri a manica e cicloni (se necessario)		

Composti organici del carbonio

Questi possono essere emessi durante la produzione primaria nella fase di essiccazione in funzione del materiale adoperato per il trattamento dei minerali e del combustibile adottato. Per la produzione secondaria, la sorgente più significativa è nel trattamento degli scarti, nella fusione e nella raffinazione. Il processo di conversione per il rame secondario può rappresentare una sorgente se gli scarti contaminati con materiali organici sono aggiunti nel convertitore ottenendo una combustione non completa.
Altre sorgenti di COV possono risultare:

- nella produzione della vergella e in altri semiprodotti se viene utilizzato un materiale oleoso nell'alimentazione, producendo da 5 a 100 g per tonnellata di rame;
- nei processi di estrazione dei solventi.

Diossine

I composti organici del carbonio che possono essere emessi includono le diossine le quali derivano dalla combustione non completa di petrolio e di materiale plastico contenuto nell'alimentazione e dalla sintesi de-novo se i gas non sono raffreddati abbastanza velocemente. I composti organici vengono rimossi dagli scarti previo trattamento, e dai gas attraverso i post combustori seguito da un rapido raffreddamento. Nei casi in cui non è possibile trattare i gas, essi possono essere ossidati aggiungendo ossigeno sopra la zona di fusione. Per evitare le emissioni di diossine si può anche identificare il tipo di contaminante organico presente nella materia prima così da utilizzare forni e tecniche di abbattimento più idonee.
Nel caso di fusione primaria e conversione, operando ad alte temperature i componenti organici vengono distrutti e la presenza di SO_2 inibisce la sintesi "de-novo" di formazione delle diossine. Anche la fusione degli scarti contaminati da materiale organico può rappresentare una potenziale sorgente di diossine per le industrie che producono semiprodotti.
Le tecniche usate per l'abbattimento delle diossine in questo settore comprendono:

- post combustori;
- controllo nelle condotte di trasporto dei gas;
- raffreddamento e rimozione delle polveri;
- assorbimento da parte del carbonio attivato.

Anidride solforosa

Le sorgenti più significative di SO_2 dalla produzione primaria del rame utilizzando concentrati di zolfo, sono:

- arrostimento;

- fusione;
- conversione;
- essiccazione (soprattutto dal combustibile usato nel combustore);
- raffinazione primaria, dove il rame blister contiene da 0.03% a 0.1% di zolfo dissolto.

Le emissioni fuggitive possono essere raccolte in diversi modi, tuttavia la concentrazione nei gas è generalmente molto bassa ed un semplice sistema di abbattimento, scrubber, viene utilizzato se richiesto. L'utilizzo di forni chiusi perfettamente per la fusione permette un'efficiente raccolta dell'SO_2.

La conversione del rame blister è una sorgente di SO_2 come precedentemente detto. Ci sono due tipologie di problemi quando vengono utilizzati i convertitori Pierce-Smith e simili:

- la raccolta dei gas non è efficiente;
- la concentrazione di SO_2 nel gas varia significativamente e ciò può creare dei problemi per i sistemi di abbattimento. Usando dei convertitori in modo sequenziale si può ridurre questo effetto.

L'efficienza degli impianti di trattamento dell'acido solforico nell'UE ha raggiunto valori tra 99.5 e 99.8%, ed una piccola quantità di SO_3 non assorbita viene emessa insieme all'SO_2 residuo.

L'SO_2 può anche essere presente nei gas prodotti nella fusione secondaria ciò è dovuto al contenuto di zolfo nel combustibile e nella materia prima. In alcuni casi l'SO_2 viene assorbito dai sistemi di trattamento e in altri casi come l'SO_2 proveniente dai forni elettrici (e convertitori di Cu/Pb) vengono indirizzati verso un impianto di trattamento degli acidi quando determinate materie prime sono presenti.

Ossidi di azoto

Le fasi di produzione del rame dipendono da alte temperature ma anche dall'uso di ossigeno. Questo provoca l'abbassamento della pressione parziale dell'azoto alla fiamma con conseguente riduzione di ossidi di azoto a meno che l'azoto non sia presente in grandi quantità nelle zone calde. Tipici livelli per le emissioni dell'ossido di azoto da rame secondario sono compresi tra 50 e 500 mg/Nm^3 dipendente dal forno e dal tipo di operazione. Per l'NO_x, l'uso di un processo altamente efficiente (es. Contimelt) richiede un compromesso, da stabilire localmente, tra l'uso di energia e valori di emissione raggiunti.

L'ossido di azoto ottenuto dal processo primario è principalmente assorbito nell'acido solforico prodotto, e pertanto non rappresenta negli impianti uno dei principali aspetti ambientali. Un riassunto delle emissioni in aria da processi primari e secondari del rame. È mostrato nella tabella seguente.

Tipo di processo	Polvere g/t di metallo prodotto	SO_2 g/t di metallo prodotto	Cu g/t di metallo prodotto	Pb g/t di metallo prodotto	As g/t di metallo prodotto
Cu primario	160 – 1000	6600 – 16000	30 – 250	7 – 35	3 – 20

Cu secondario	100 – 1000	500 – 3000	8 – 100	10 – 60	0.5 – 5
Lavorazione della massa fusa e semiprodotti			1 – 3.5	0.1 – 1	0.01 – 0.2
Produzione di vergella	20 - 500	10 - 50	12 - 260		

Così come le emissioni raggiunte dalla produzione di semiprodotti sono mostrate nella prossima tabella.

Unità di processo		**Polvere mg/Nm^3**	**CO mg/Nm^3**	**TOC mg/Nm^3**
Lavorazione della massa fusa	Forno elettrico	< 10		< 20
	Forno rotante	< 10		< 50
	Forno a tino	< 10	< 100*	< 20
Laminatoio				< 50
Macinazione		< 10		
Note: * Con post combustore (dipendente dal tipo di alimentazione (petrolio/contenuti organici)) Solo emissioni convogliate.				

Mentre le emissioni specifiche da un processo di semifabbricazione possono essere sintetizzate come segue.

Unità di processo		**Polvere g/t**	**CO g/t**	**TOC g/t**	**PCDD/F µg/t(I-TEQ)**
Lavorazione della massa fusa	Forno elettrico	< 70	-	< 80	< 5
	Forno rotante	< 50	-	< 11[6]	< 10
	Forno a tino (ASARCO)	< 12			< 10
	Senza post combustore		< 10.000		
	Con post combustore		< 45	< 9	
Laminatoio		-		< 100	
Macinazione		< 20			
Note: Solo emissioni convogliate					

[6] Da una rassegna effettata in ambito italiano risulta, peraltro, che i valori corrispondenti alle produzioni nazionali, in condizioni di normale funzionamento, possono essere superiori anche di un ordine di grandezza.

Sintesi emissioni di rifiuti solidi nella produzione di rame e sue leghe

Alcuni sottoprodotti generati della produzione del rame possono contenere ancora quantità di rame e di altri metalli non ferrosi e sono perciò utilizzati come materia prima secondaria. Prodotti intermedi, sottoprodotti e residui dalla produzione di rame sono sintetizzate nella tabella seguente.

Processo	Prodotto intermedio, sottoprodotti, residui	Utilizzazione finale
Sistemi di abbattimento	Polvere da filtro Composti del mercurio. Catalizzatori esauriti e acidi. Scorie di acido solforico. Acidi deboli.	Materia prima per Cu (rinviato alla fonderia), Pb, Zn e altri metalli. Materia prima per Hg. Industria chimica. Neutralizzazione. Altri usi es. dissoluzione, decomposizione per SO_2.
Fonderia	Scorie Rivestimenti refrattari di forni.	Riciclo interno. Recupero.
Convertitori	Scorie.	Fonderia – Riciclo interno.
Forni per scorie	Scorie	Abrasivo, materiale da costruzione.
Forno di Raffinazione (anodico)	Scorie	Fonderia – Riciclo interno.
Serbatoi	Diffusione elettrolitica Residui anodici Fango anodico	Sali di Ni, recupero di Cu, recupero di acidi o altri usi. Riciclo interno:convertitore (raffreddamento) o forno anodico. Recupero di metalli preziosi.
Fusione	Scorie d'affioramento	Materia prima per recupero di metalli.
Generale	Oli	Recupero di olio.
Idrometallurgico	Elettrolita esaurito	Dissoluzione
Semiprodotti	Soluzioni acide da decapaggio	Eliminazione come rifiuto se basso in metalli non ferrosi o recupero di metalli.
Produzione di ROD	Soluzioni acide da decapaggio (se applicato)	Recupero in separate celle elettrolitiche.

La tabella mostra i potenziali usi dei residui trattati. Alcuni sono utilizzati come materie prime per la produzione di altri metalli, altri come materiali riciclati all'interno della produzione del rame. La tabella che segue fornisce un esempio delle quantità dei residui, intermedi e sottoprodotti generati dai processi primari e secondari.

Unità di processo	**Sottoprodotti e residui**	**Quantità (t/a)**	**Utilizzo/Trattamento**
Impianto primario: Produzione annuale catodica rame primario 220.000 t/a			
Forno a combustione istantanea	Polvere	100.000	Uso interno
	Scorie	400.000	Futuri processi in forni elettrici.
Forno elettrico	Polvere	400	Uso esterno per la produzione di Zn/Pb
	Scorie	400.000	Uso esterno come materiale da costruzione
Convertitore di rame	Polvere	4.000	Riciclaggio interno per forno a combustione istantanea o forno elettrico
	Scorie	150.000	Uso interno per forno a combustione istantanea
Forno anodico	Polvere	200	Uso interno per forno a combustione istantanea
	Scorie	20.000	Uso interno per convertitore di rame
Impianto di trattamento degli acidi	Acido solforico	656.000	Sottoprodotto per la vendita
Impianto secondario: Produzione annuale catodica rame secondario 150.000 t/a			
Forno elettrico	Polvere	10.000	Sottoprodotto per la vendita a recupero di Zn
	Scorie	40.000	Uso esterno come materiale da costruzione
Convertitore	Polvere	400	Uso interno nel forno elettrico
	Scorie	10.000	Uso interno nel forno elettrico
Processo Contimelt	Polvere	1.000	Futuri processi in impianti TLA
	Scorie	2.000	Uso interno nel forno elettrico
Produzione semilavorati			
Polveri da fonderia semilavorati ottone		1- 30 kg / ton di prodotto	Cedute a terzi per recupero

Polveri da fonderia semilavorati rame e bronzo		0,3 - 3 kg /ton di prodotto	Cedute a terzi per recupero
Altri			
Elettolisi	Fanghi anodici	3.000	Uso interno in impianti chimici per il recupero di metalli preziosi e Se, Te, Pb.
	Soluzione finale	35.000 m^3	Uso interno in un impianto chimico per il recupero di solfato di nichel, As_2O_3, H_2SO_4
Processi di trattamento per le acque reflue	Fanghi	1.500	Eliminazione come rifiuti pericolosi
Generale	Rifiuti domestici	400	

Nella tabella sono indicate le quantità di fanghi ottenuti da processi di trattamento acque reflue in un impianto per la produzione di rame secondario.

Il valore mostrato, che è pari a 10 kg / ton di prodotto è da considerare esuberante per le industrie di produzione semilavorati che si attestano sui valori medi di 2-3 kg /ton.

I fanghi (ottenuti normalmente da operazioni di trattamento acque acide) sono riutilizzabili se il tenore dei metalli in essi contenuti lo consente.

Emissioni in acqua nella produzione di rame e sue leghe

La produzione di acque di scarico deriva da:
- lavaggio ad umido dei gas di scarico;
- granulazione delle scorie;
- acqua di raffreddamento;
- acque meteoriche e di dilavamento;
- processi idrometallurgici;
- altre acque di processo.

Tutte queste acque possono essere contaminate da metalli, che, in alcuni casi come per il mercurio e cadmio, sono altamente tossici.

Effluenti dal lavaggio di gas di scarico

Le tecniche di abbattimento ad umido sono progressivamente rimpiazzate da tecniche a secco. In alcuni casi è necessario utilizzare colonne di lavaggio ed elettrofiltri ad umido,

se non sono disponibili altre tecniche e se vengono trattate sostanze infiammabili. Gli elettrofiltri ad umido sono utilizzati per trattare gas umidi saturi ad alto contenuto di polvere (per esempio i gas ricchi di polveri ed SO_2 durante la produzione di rame primario). Nelle colonne di lavaggio ad umido, a causa dell'alta velocità, il liquido aderisce alle polveri e, per l'alta turbolenza le reazioni, procedono velocemente. Gli effluenti liquidi richiedono ulteriori trattamenti, come neutralizzazione e sedimentazione. Qualche volta si ricorre allo scambio ionico. Non tutte l'acqua può essere riciclata, ma occorre prevedere uno spurgo. In alcuni casi le acque reflue dei sistemi di abbattimento ad umido contengono cianuri (formatosi dalla reazione di C con azoto atmosferico). In tal caso possono essere riutilizzate per la granulazione delle scorie, durante la quale i cianuri evaporano e si ossidano.

Effluenti da granulazione delle scorie e dei metalli e dai processi di separazione per densità

Le scorie o i metalli scaricati dai forni possono essere granulati in modo uniforme versandoli in acqua, con un getto di acqua ad alta pressione o con altri sistemi di raffreddamento rapido. Gli effluenti liquidi, previa filtrazione, possono essere riciclati. Lo spurgo può essere inviato all'impianto di trattamento.
La separazione per densità è un processo usato per separare i metalli e loro composti da contaminanti come la plastica, dopo la macinazione (soprattutto di materiali di recupero). Per mantenere la concentrazione di solidi e metalli, una certa quantità di acqua deve essere spurgata, e viene inviata all'impianto di trattamento.

Acqua di raffreddamento

E' usata largamente in questi processi per diverse esigenze di raffreddamento. Si può dividere in acqua a contatto diretto ed acqua non a contatto diretto.
L'acqua non a contatto diretto è usata per raffreddare i forni, le coperture dei forni, le attrezzature per colate. A seconda delle condizioni locali, l'acqua può essere utilizzata a perdere, o riciclata, previo raffreddamento in torri.
L'acqua a contatto diretto è usata in alcune operazioni di colata. Essa si contamina di solidi in sospensione e di metalli e deve essere trattata separatamente.

Acque di dilavamento

Le acque di pioggia dei piazzali e dei tetti contengono polveri ed oli, in misura dipendente dalle precauzioni utilizzate per lo stoccaggio e la movimentazione dei materiali. Possono essere trattate separatamente e, dopo sedimentazione e trattamento chimico, possono essere utilizzate per il raffreddamento o negli spruzzatori per l'abbattimento delle polveri.

Effluenti dai processi idrometallurgici

Gli effluenti sono originati dal lavaggio ad umido di gas da arrostimento, dall'operazione di lisciviazione (compreso il lavaggio ad umido dei gas), dalla purificazione, dall'elettrolisi (pulizia delle celle, degli anodi e dei catodi, elettroliti spenti, spurghi).
I reagenti di lisciviazione più usati sono:

- acqua, per composti solubili (solfato di rame);
- acidi solforico, cloridrico, nitrico, idrossido di sodio, per ossidi;
- agenti complessanti come cianuri, o ammoniaca;
- reattivi per reazioni di ossido-riduzione;
- reattivi per reazioni acido-base.

Per aumentare la concentrazione del metallo desiderato nel liquido di lisciviazione, si usano diverse tecniche, quali la cementazione, reazioni in fase gassosa, precipitazione, scambio ionico, estrazione con solvente, cristallizzazione, concentrazione, elettrolisi.

Altre acque di processo

Anche il decapaggio può dare origine a reflui; il decapaggio può utilizzare o meno acidi.

<u>Decapaggio che non utilizza acidi</u>
Il processo si realizza a circuito chiuso in tubi orizzontali compartimentalizzati, con una soluzione di isopropanolo al 2,5-3,5% in acqua per la conversione dell'ossido rameoso in fase vapore. Dalla soluzione spenta si recupera l'alcol e si separano fanghi inquinati da rame. L'acqua è inviata all'impianto di trattamento.

<u>Decapaggio acido</u>
Si usa un sistema compartimentalizzato orizzontale. Nel primo stadio si usa acido solforico diluito, poi il materiale è lavato in diversi stadi ed essiccato con aria compressa. Il decapaggio superficiale è fatto con acido solforico, ma alcune leghe devono essere trattate con acido nitrico, talvolta in miscela con acido solforico. Per eliminare le tracce di acido dopo l'operazione, si effettua una pulizia con acqua, aria o gas. Gli acidi spenti sono inviati alla sezione di recupero dei metalli se economicamente conveniente. Gli acidi esausti possono essere neutralizzati nell'impianto di neutralizzazione acque acide, se ne ha la capacità, o eliminati come rifiuti.
Le acque di lavaggio acido sono trattate ed i fanghi relativi sono riciclati per quanto possibile.
Il trattamento delle acque di lavaggio è fatto con impianti chimico-fisici (trattamento con soda e/o calce e flocculante), e/o con impianti a resine che possono anche essere solo la parte finale dell'intero impianto di trattamento. Le resine possono essere del tipo selettivo (hanno un maggior costo) per catturare solo gli ioni dei metalli di lavorazione.
Il riciclaggio dei fanghi è legato alla percentuale di metallo nei fanghi stessi. Se la percentuale è bassa il recupero non è economicamente conveniente ed occorre smaltire i fanghi in discarica. Altro parametro decisivo per la destinazione dei fanghi è la percentuale di acqua in essi contenuta, che con i sistemi di filtropressa si attesta su 70-50% del peso totale.

Per lo sgrassaggio delle superfici si usa acqua con detergenti. L'acqua usata è purificata mediante ultrafiltrazione. Nel caso di utilizzo di solventi organici, si usa un sistema a vapori: in questo caso si possono avere idrocarburi clorurati nelle acque da trattare; è buona norma prevedere comunque che non vi siano connessioni con il sistema di scarico acque reflue.

Fonti diverse

Ce ne sono di vario tipo, dalla pulizia delle ruote degli automezzi, alla tenuta delle pompe, alla pulizia della pavimentazione. Devono essere raccolte e trattate. La fogna nera va trattata a parte.

Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia

In questo capitolo sono presentate una serie di tecniche che possono essere adottate per prevenire e ridurre sia le emissioni che la produzione di residui e rifiuti e sia per minimizzare i consumi energetici; tutte queste tecniche sono al momento disponibili e di seguito sono riportati alcuni esempi di applicazione.
In ogni caso queste devono essere valutate caso per caso in quanto fortemente dipendenti dalla tipologia di materia prima utilizzata e dai processi in uso.
Le tecniche indicate di seguito sono state suddivise per singola fase del processo produttivo.

Stoccaggio, movimentazione e pretrattamento delle materie prime

Per la produzione di rame e sue leghe possono essere utilizzate diverse tipologie di materia prima e di recupero che si contraddistinguono per il contenuto metallico, per la forma e pezzatura, per la composizione analitica e grado di impurezze/contaminazione; ovviamente tali caratteristiche influenzano direttamente il metodo di stoccaggio, di movimentazione e di trattamento.
Ad esempio i rottami che possono essere contaminati da olio o da composti solubili devono essere stoccati al coperto.
Tecniche specifiche che possono essere applicate a questa fase del processo produttivo sono:

- utilizzo di pretrattamenti specifici in funzione della materia prima utilizzata al fine di rimuovere la frazione oleosa o il rivestimento eventualmente presente sul rottame. La rimozione di olio è una tecnica praticata principalmente mediante l'uso di essiccatori;
- adozione di ulteriori tecniche di pretrattamento quali la granulazione, la separazione a mezzo denso o ad aria , la separazione magnetica della frazione ferrosa;

- trattamento delle scorie mediante macinazione con l'utilizzo di adeguato sistema di aspirazione ed abbattimento delle polveri. La polvere fine prodotta può essere trattata per recuperare altri metalli;

L' utilizzo di sistemi di stoccaggio e manipolazione delle polveri tali da prevenire la formazione di emissioni sono da considerare come tecniche BAT.

Sono considerate BAT tutte le tecniche di movimentazione e stoccaggio indicate precedentemente nell' analogo paragrafo del capitolo "processi comuni", intitolato "ricezione,movimentazione e stoccaggio dei materiali grezzi e dei residui"

La tabella successiva riporta le tecniche adottate per le varie tipologie di materiali.

Metodi per lo stoccaggio , movimentazione e pretrattamento dei materiali per rame e sue leghe				
Materiale	**Stoccaggio**	**Movimentazione**	**Pretrattamento**	**Note**
Combustibili e oli	Serbatoio o fusti in aree confinate	Idonee tubazioni o sistemi manuali	Riscaldamento dello stoccaggio e delle tubazioni	Ventilazione dei gas prodotti
Flussanti Se formanti polvere	Confinate (silos) se polverose	Trasportatori chiusi con raccolta delle polveri	miscela con concentrati o altro materiale	
Concentrati	Confinati se polverosi	Trasportatori chiusi con raccolta polvere Aspir.pneumatico	Miscela con l'utilizzo di trasportatori. Essiccatura.	
Prodotti di rame-catodi, wire-rod, billette e pani di rame.	Area aperta su cemento o magazzinaggio al coperto			
Polvere fine	Confinati.	Trasportatori chiusi con raccolta polvere pneumatico	Miscela. Agglomerazione.	
Polvere grossa (materia prima o scorie)	Aree coperte	Caricatore meccanico.		Raccolta oli se necessario
Mucchi (materia prima o scorie)	Stoccaggio all'aperto	Caricatore meccanico.		Raccolta oli se necessario.
L' intero complesso	Aree all'aperto o coperte.	Caricatore meccanico.		Raccolta oli se necessario.
Trucioli	Al coperto.	Gabbie di carico.	Essiccatura e rimozione oli trucioli.	Raccolta oli se necessario.
Cavo	All'aperto.	Caricatore meccanico	Sbucciatura	
Circuit boards	Covered bays	Caricatore meccanico.	Separazione a mezzo denso+ macinazione	Contenuto plastico potrebbe causare input calore.
Residui di processo per recupero.	All'aperto, coperti o confinati in base alla formazione di polvere.	Dipende dalle condizioni.		Sistema appropriato di drenaggio.
Rifiuti per	All'aperto,	Dipende dalle		Sistema

discarica (i.e. rivestimenti dei forni)	coperti o confinati o sigillati (fusti), a seconda del materiale.	condizioni.		appropriato di drenaggio.

Selezione dei processi

Premesso che non è possibile stabilire che un singolo processo di produzione possa essere applicato come BAT, le tecniche dei processi sotto indicati sono considerate BAT in funzione del materiale in ingresso disponibile.
Poiché che in Italia non esistono primaristi , e che l'attività dei secondaristi è limitata, per la indicazione dei processi e forni considerati BAT si rimanda ai capitoli 3.4.2.2 e 3.4.2.3 del BRef redatto a Siviglia.

Sono considerati BAT i seguenti processi:

- l'essiccatura di concentrato ecc. in tamburi a fiamma diretta o essiccatori flash, a letto fluido o essiccatori a vapore
- Trattamento scorie con pulitura in forno elettrico, schiacciamento/macinazione e flottazione scorie.
- affinazione a fuoco in forno rotante o a riverbero oscillante. Colata anodica in lingottiere o colata continua..
- affinazione di rame elettrolitico attraverso una tecnologia ottimizzata convenzionale o meccanica per catodi
- I processi per la produzione di wire-rod, semilavorati ecc. tramite Southwire Contirod, Properzi & Secor, Upcast, Dip. Forming, colata continua e processi simili, come base di BAT per la produzione di questi materiali ad elevato standard di abbattimento.
- I processi per la produzione di lingotti , piastre, billette e lastre sono descritti come processi che stanno alla base di BAT per la produzione di questi materiali ad elevato standard di abbattimento.

La particolare tecnica usata dipende dalle materie prime e da altri mezzi disponibili nell' installazione o nei pressi.

Sono indicate di seguito le tecniche comunemente applicate nei processi di ottenimento rame e sue leghe che devono essere considerate come tecniche BAT.
Le indicazioni di seguito riportate sono uno strumento utile per la determinazione delle BAT per i processi di fusione:

- se possibile è preferibile selezionare preventivamente il rottame in funzione del tipo di forno utilizzato;
- adottare se possibile sistemi di carica ai forni di tipo sigillato o a tenuta in funzione del tipo di forno utilizzato;

- se possibile utilizzare cappe e sistemi di estrazione dei fumi per minimizzare le emissioni fuggitive;
- pretrattare il rottame al fine di rimuovere eventuali oli o composti organici mediante essiccazione, centrifugazione o decoating anche nel caso in cui il forno di fusione ed il relativo sistema di depurazione di fumi sia stato progettato correttamente;
- utilizzare sistemi di postcombustione per rimuovere ove necessario i composti organici comprese le diossine;
- usare calce o bicarbonato di sodio e carbone attivo per neutralizzare i gas acidi e per rimuovere i composti organici e le diossine;
- ove possibile adottare il recupero energetico;
- utilizzare sistemi di filtrazione tecnologicamente avanzati quali i filtri a manica o filtri elettrostatici, con aggiunta del ciclone ove necessario

Captazione ed abbattimento delle emissioni di processo

Raccolta gas ed abbattimento

Le migliori tecniche disponibili per trattamento fumi e gas sono quelle che usano il recupero a raffreddamento o riscaldamento se funzionale prima della pulitura. I filtri di tessuto che usano materiali moderni ad alto rendimento sono utilizzare in una struttura ben costruita ed in buone condizioni di manutenzione. Essi caratterizzano sistemi di controllo incendio delle maniche e metodi di pulitura in linea. Il trattamento dei gas per la fase di affinazione a fuoco può includere la fase di rimozione di biossido di zolfo e / o la postcombustione se si ritiene necessario per evitare problemi locali, regionali o di qualità dell'aria ad ampio raggio.

I sistemi di raccolta fumi seguono le migliori pratiche descritte nelle tecniche riferite precedentemente in questa sezione. La produzione di fumi derivanti da materie prime secondarie può essere minimizzata attraverso la scelta dei sistemi di abbattimento. Alcune materie prime sono contaminate con materiale organico e possono essere pretrattate prima della fusione per minimizzare la produzione di fumi.

I sistemi di raccolta fumi utilizzati possono sfruttare sistemi a forno chiuso o possono essere progettati per mantenere una depressione appropriata del forno che eviti dispersioni ed emissioni fuggitive. Dovrebbero essere usati sistemi che mantengono la sigillatura del forno o cappe chiuse . Ci sono esempi con aggiunta di cappe sopra i punti di movimentazione materiale, o sopra ugelli o lance e l'uso di robuste valvole di deviazione su sistemi di alimentazione.

Sintesi dei metodi di abbattimento secondo i componenti nei gas di scarico		
Fase di processo	**Componenti in Off-gas**	**Opzione di abbattimento**
Movimentazione materie prime	Polvere e metalli.	Magazzinaggio corretto, movimentazione e trasferimento. Raccolta polveri e filtro in tessuto.
Pretrattamento termico di materie prime	Polveri e metalli. Materiale organico e monossido di carbonio.	Pretrattamento corretto, raccolta gas e filtro in tessuto. Operazione di processo, post combustione e corretto raffreddamento di gas.
Fusione secondaria	Polvere e metalli. Materiale organico e monossido di carbonio. Biossido di zolfo.**	Operazione di processo e raccolta di gas, raffreddamento e pulitura tramite filtro in tessuto. Operazione di processo, post combustione se necessaria e corretto raffreddamento di gas. Scrubber se necessario.
Convertitore secondario.	Vapore di polvere o metallo o composti. Materiale organico.* Monossido di carbonio. *** Biossido di zolfo.**	Operazione di processo e raccolta di gas, raffreddamento e pulitura tramite filtro in tessuto. Operazione di processo, post combustione se necessaria e corretto raffreddamento di gas. Scrubber se necessario
Affinazione a fuoco	Polvere e metalli Materiale organico* Monossido di carbonio.**** Biossido di zolfo **	Operazione di processo e raccolta gas, raffreddamento e pulitura tramite filtro in tessuto o scrubber. Operazione di processo, postcombustione(se necessaria durante l'operazione di pinaggio) e corretta raccolta di gas. Scrubber se necessario.
Fusione e colata	Polvere e metalli. Materiale organico* Monossido di carbonio.	Operazione di processo, raccolta gas, raffreddamento e pulitura tramite filtro in tessuto. Operazione di processo, post combustione se necessaria e corretto

		raffreddamento di gas.
Colata anodica e granulazione scorie.	Vapore acqueo.	Scrabber ad umido o abbattitore di nebbia se necessario.
Processi pirometallurgici di trattamento scorie.	Polvere e metalli. Monossido di carbonio. Biossido di zolfo.	Operazione di processo e raccolta gas, raffreddamento e pulitura attraverso filtro in tessuto. Post combustione se necessario.
Nota * materiali organici includono VOC come carbonio totale (escluso CO) e diossine, l'esatto contenuto dipende dalla materia prima usata. **biossido di zolfo può essere presente se viene utilizzata materia prima o combustibile a contenente zolfo. Monossido di carbonio può essere prodotto da combustione povera, da presenza di materiale organico o deliberatamente per minimizzare il contenuto di ossigeno. *** per processo discontinuo, CO solo al principio della soffiata. **** CO solo se non post combustione.		

La raccolta di fumi secondari è costosa e consuma molta energia, tuttavia è necessaria in caso di convertitori discontinui e per la ventilazione di punti di prelievo, canalette ecc. L'uso di un sistema intelligente, capace di ottenere l'estrazione di fumi alla fonte e durante le fasi di produzione di qualunque fumo è più efficace.

La tabella riassume le opzioni considerate BAT per i processi di abbattimento per componenti che possono essere presenti nei gas di scarico. Possono esserci variazioni di materia prima che influenzano la gamma dei componenti o lo stato fisico di alcuni componenti come la dimensione e le proprietà fisiche della polvere prodotta. Queste dovrebbero essere valutate localmente.

Emissioni nell'aria associate con l'uso di BAT

Le emissioni nell'aria includono le emissioni captate/abbattute da varie fonti, più le emissioni fuggitive o non captate da tali fonti. I sistemi moderni e ben funzionanti di abbattimento attuano una rimozione efficiente di inquinanti; informazione indicano che in certi casi le emissioni fuggitive possono essere uno dei maggiori fattori di emissione nell'aria..

a) Per il rame secondario, le emissioni totali nell'aria sono basate su:
   - Ricezione del materiale, magazzinaggio, miscela and campionamento.
   - La fusione, conversione, forni ad affinazione e colata anodica con il trasferimento associato di metallo e il sistema di trattamento e pulitura di gas.
   - Il sistema di trattamento scorie.
   - La raffinazione di rame elettrolitico.

b) Per la fabbricazione di wire -rod di rame, le emissioni nell'aria sono basate su emissioni provenienti da:
   - La fusione, l' affinazione (se applicata) e forni a tenuta con il sistema associato di trattamento e pulitura gas.
   - Gli impianti di colata, laminatoio barre and attrezzature ausiliarie.

c) Per la fabbricazione di semilavorati di rame e per la produzione di lingotti, le emissioni totali nell'aria sono basate su emissioni derivanti da :
   - La ricezione di materiale e magazzinaggio.
   - La fusione,raffinazione , forni di attesa/colata con il sistema di aspirazione e pulitura gas e sistema di trasferimento siviera.
   - L'impianto di colata, le unità di fabbricazione e le attrezzature ausiliarie.

Emissioni fuggitive possono essere molto rilevanti e dovrebbero essere valutate localmente.

Le seguenti tabelle riassumono le emissioni captate associate con l'uso delle migliori tecniche per il trattamento delle emissioni .

Emissioni nell'aria da processi idrometallurgici e di elettro-estrazione associati con l'uso delle BAT nel settore rame. (Non ci sono nebbie acide dai processi di affinazione elettrolitica)			
Inquinante	**campo associato con l'uso di BAT**	**Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi livelli**	**note**
Nebbie acide	<50mg/Nm^3	Abbattitore di nebbie, scrubber ad umido	un abbattitore od uno scrubber ad acqua permette di riusare l'acido raccolto.
VOC o solventi come C	5-15 mg/Nm^3	contenimento, condensatore, carbone o bio-filtro	
Note: solo emissioni convogliate. Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e polvere e la corretta temperatura operativa saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema.			

Emissioni nell'aria da fusione e conversione secondaria, raffinazione a fuoco primaria e secondaria, nonché da scorie e fusione, associate con l'uso delle BAT nel settore rame			
Inquinante	**Campo associato con l'uso di BAT**	**Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi livelli**	**Nota**
Polvere	< 5 mg/Nm^3	Filtri in tessuto	Le caratteristiche della polvere varieranno con le materie prime e influenzano il valore ottenuto. Il filtri in tessuto ad alto rendimento possono ottenere bassi livelli di metalli pesanti. La concentrazione di metalli pesanti è collegata con la concentrazione di polvere ed il rapporto dei metalli nella polvere.
SO_2	50-200 mg/Nm^3	Scrubber alcalina semi-secco e filtro in tessuto. Scrubber ad umido o scrubber doppio con uso di calce, idrossido di magnesio, idrossido di sodio. Combinazioni di sodio o allumina/solfato di alluminio in combinazione con la calce per rigenerare il reagente e formare gesso.	Potenziali effetti cross-media per l'uso di energia, acque di scarico e residui solidi insieme all'abilità di riutilizzo prodotti da scrubber, influenzano la tecnica usata.
NO_x	< 100mg/Nm^3 100-300 mg/Nm3	Bruciatore a basso NO_x, Bruciatore con aggiunta di ossigeno.	Valori più elevati sono associati con l'arricchimento di ossigeno per ridurre l'uso di energia. In questi casi viene ridotta l'emissione del volume e massa del gas.
Carbonio organico totale come C	5 - 15 mg/Nm^3 5 - 50 mg/Nm^3	Post combustione. Combustione ottimizzata.	Pretrattamento di materiale secondario per rimuovere rivestimento organico se necessario.
Diossine	< 0,5 ng TEQ/Nm^3	Sistema di rimozione polveri ad alta efficienza (i.e. filtro in tessuto) Postcombustione seguita da raffreddamento.	Altre tecniche sono disponibile (i.e. assorbimento su carbonio attivo: - filtro di carbone o tramite iniezione di calce /carbone). Trattamento di un gas de-

			polverizzato è richiesto per ottenere livelli bassi.
Note: solo emissioni convogliate. Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento. Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e polvere e la corretta temperatura operativa saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema. Per SO_2 o rimozione totale di carbonio, la variazione in concentrazione del gas grezzo durante i processi discontinui, potrebbe influenzare il rendimento del sistema di abbattimento. Concentrazioni massime nel gas trattato possono essere fino a 3 volte il valore riportato. Per l' NOx, l'uso di processi ad elevata efficienza (e.g. Contimelt) richiede un equilibrio da stabilire localmente tra uso di energia e valore ottenuto.			

Emissioni nell'aria da sistemi di raccolta fumi e processi di essiccazione associati con l'uso delle BAT nel settore rame			
Inquinante	**Campo associato con l'uso di BAT**	**Tecniche che possono essere usate per raggiungere questi livelli**	**Nota**
Polvere	< 5 mg/Nm^3	Filtri in tessuto con iniezione di calce (per raccolta SO2/ protezione filtro)	Il ricircolo della polvere può essere utilizzato per la protezione tessuto/ cattura particelle fini. La concentrazione di metalli pesanti è collegata con la concentrazione di polvere ed il rapporto dei metalli nella la polvere.
SO_2	< 500 mg/Nm^3	Filtro in tessuto con iniezione di calce asciutta nel gas freddo. Scrubber alcalino ad umido per raccolta SO_2 da gas caldi (da gas più secchi dopo rimozione della polvere)	Ci sono effetti di cross media potenzialmente rilevanti se si utilizzano sistemi di scrubber ad umido o semisecco con gas freddo.
Diossine	< 0,5 ng TEQ/Nm3	Filtro di tessuto con iniezione di calce per protezione filtro.	Il trattamento di un gas depolverizzato è richiesto per ottenere livelli bassi.

Note: solo emissioni convogliate.
Le emissioni associate sono indicate come medie giornaliere sulla base del monitoraggio continuo durante il periodo operativo. In casi in cui il monitoraggio continuo non è praticabile, si applica il valore medio relativo al periodo di campionamento.
Per il sistema di abbattimento usato, le caratteristiche del gas e polvere e la corretta temperatura operativa saranno prese in considerazione nella progettazione del sistema.

Il contenuto di metallo nella polvere varia ampiamente tra processo e processo. Inoltre ci sono variazioni significative nel contenuto del metallo dovute all'uso di variazioni di materie prime nei forni sia per i differenti tipi di lega che per le operazioni di raffinazione, per separare elementi minori per successiva raccolta ed arricchimento del metallo principale per l'ulteriore lavorazione. Pertanto in questo documento non sono dettagliate le concentrazioni ottenibili specificatamente per tutti i metalli emessi nell'aria.

Alcuni metalli hanno composti tossici che possono uscire dai processi e devono essere quindi ridotti per rispettare gli standard di qualità dell'aria a livello locale, regionale e a lungo raggio Si ritiene che basse concentrazioni di metalli pesanti siano associate con l'uso di moderni sistemi di abbattimento ad alto rendimento come un filtro in tessuto, premesso che la temperatura operativa sia corretta e che si tenga conto delle caratteristiche del gas e della polvere.

Acque di scarico

Questo è un fattore specifico per ogni sito, mentre i sistemi di trattamento devono corrispondere ad un elevato standard. Tutte le acque di scarico saranno trattate per rimuovere solidi , oli e ioni, e dovrebbero essere riutilizzate se possibile o neutralizzate se necessario. Le fonti di emissioni nell'acqua sono:

a) Per il rame primario e secondario le emissioni totali nell'acqua sono basate su:
   - Trattamento scorie e sistema di granulazione.
   - Affinazione rame elettrolitico con il circuito di purificazione elettrolitico e le sezioni di fango elettrolitico.
   - Il sistema di trattamento acque di scarico e acqua piovana.

b) Per la produzione di wire-rod, semilavorati e lingotti di rame, le emissioni totali nell'acqua sono basate su:
   - Sistema di trattamento di acque di scarico.

Esempi di trattamento di acque di scarico applicati in diversi processi sono stati presentati nella sezione sulle tecniche da considerare nella determinazione delle BAT per le acque di processo, ed includono trattamento con idrossido o precipitazioni con solfuro che dipendono dai metalli contenuti, seguiti da sedimentazione e, se necessario, filtrazione. Gli esempi mostrano le concentrazioni associate con questi processi. Il

rendimento associato con il corretto trattamento di acque di scarico è riportato nella seguente tabella::

Campo di concentrazione di metalli associato ad una varietà di acque di scarico di impianti di produzione rame. Il campo viene indicato per notare la variazione dell'input nel carico di metalli						
Componenti principali (mg/l)						
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Acqua di processo	0.01.0.2	0.001-0.04	0.01-0.1	0.004-0.15	0.0001-01	0.01-0.2
Acqua piovana	0.01-0.4	0.005-0.2	0.003-0.07	0.002-0.4	0.0002-0.1	0.03-0.4
Acqua di raffreddamento diretto	0.01-0.25	0.001-0.1	0.001-0.1	0.002-0.06	0.001-0.003	0.002-0.5
Nota: le emissioni associate sono basate su un campione qualificato oppure su un campione composito nelle 24 ore. La tipologia del trattamento delle acque di scarico dipende dalla fonte e dai metalli contenuti nelle acque di scarico.						

Residui di processo

Il riciclo di scorie, fanghi e polveri da filtro è considerato come parte dei processi. I processi produttivi in questo settore sono stati sviluppati dall'industria per massimizzare il riutilizzo della maggioranza dei residui di processo dalle unità di produzione o per produrre residui per arricchire elementi minori così da renderne possibile l'uso in altri processi produttivi di metalli non ferrosi.

I prodotti intermedi e i residui ottenuti, così come le tipologie di utilizzazione finali, sono indicati precedentemente al § "sintesi emissioni di rifiuti solidi nella produzione di rame e sue leghe".

La quantità di residui e prodotti intermedi ottenuta dipende fortemente dalle materie prime, in particolare dal contenuto di ferro delle materie prime, dal contenuto di altri metalli non ferrosi in materiali primari e secondari e dalla presenza di altri componenti come il silice ecc.
La formazione di residui è pertanto molto specifica a secondo del sito e del materiale e dipende dai fattori precedentemente indicati. E' pertanto impossibile produrre una tabelle realistica e tipica di quantità che sono associate con l'uso di BAT senza il dettaglio delle specifiche della materia prima. Ciò può essere determinato solo localmente.
I principi delle BAT includono la prevenzione dei rifiuti e loro minimizzazione, nonché la riutilizzazione di residui quando questa è possibile. La tabella sopra citata dà una panoramica sull'uso potenziale dei residui derivanti dai processi usati per produrre il rame. L'elenco non è esauriente ed inoltre alcune opzioni potrebbero non essere disponibili a causa dell'assenza di impiantistica appropriata.

Monitoraggio

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Devono pertanto essere considerati soltanto gli elementi e/o composti significativamente presenti nel ciclo di lavorazione.

I parametri di impatto ambientale relativi ai vari metalli non ferrosi sono riportati nei capitoli specifici della presente Linea Guida e in generale si riferiscono ad aria, acqua, suolo e rumore.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente.
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni.
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

MONITORAGGIO EMISSIONI IN ATMOSFERA

Parametri emissioni convogliate		**Unità di misura**	**Frequenza**
Monossido di carbonio	Solo in presenza di combustione con bruciatore	mg/Nm^3	6÷12 mesi
Ossidi di azoto		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Ossidi di zolfo		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Carbonio organico totale		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Polveri		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Metalli nelle polveri: rame, zinco, piombo ed altri metalli in funzione delle leghe ottenute		mg/Nm^3	6÷12 mesi
Diossine		ng/Nm^3	vedi note a seguire

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sopra riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo monitoraggio nel capitolo di questo documento dedicato all'analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

MONITORAGGIO EMISSIONI IN ACQUA

Parametri	**Unità di misura**	**Frequenza**
Materiali grossolani		1÷3 mesi
Colore		1÷3 mesi
pH		1÷3 mesi
Temperatura	°C	1÷3 mesi
Metalli tipici della produzione	mg/l	1÷3 mesi
Grassi ed olii	mg/l	1÷6 mesi

Cloruri e solfati	mg/l	In funzione dell attività dell'impianto di trattamento (3-12 mesi)
Parametri della tabella 3 all 5 del D Lgs 152/99		
Solidi sospesi totali	mg/l	3÷12 mesi
BOD 5	mg/l	3÷12 mesi
COD	mg/l	3÷12 mesi
Cromo totale	mg/l	3÷12 mesi
Ferro	mg/l	3÷12 mesi
Stagno	mg/l	3÷12 mesi
NicKel	mg/l	3÷12 mesi
Azoto Ammoniacale	mg/l	3÷12 mesi
Idrocarburi totali	mg/l	3÷12 mesi
Altri parametri relativi alla 152 ed alla lista EPER, di cui sia ammissibile riscontrarne la presenza	mg/l	3÷12 mesi
Metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale		

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

MONITORAGGIO DEI RIFIUTI

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

Applicabilità delle MTD agli impianti esistenti

Sui limiti per l'applicabilità delle MTD agli impianti esistenti si è già detto, per continuità ed efficacia espositiva, nei singoli capitoli di descrizione delle tecniche; vale la pena di riprendere qui solo alcuni concetti.
Nella scelta delle tecniche MTD si deve tener presente che potrebbe risultare molto difficile adottarne alcune (es. sostituire un processo con un altro) in impianti esistenti: è evidente, infatti, che il cambiamento dalla tecnica già in uso potrebbe comportare effetti ambientali ed economici (es. la dismissione dell'impianto o esistente o parte di esso) talmente significativi da controbilanciare negativamente i vantaggi ambientali ed economici dell'applicazione della nuova tecnica. L'applicazione di alcune MTD, di conseguenza, potrebbe risultare appropriata solo in occasione di rilevanti modifiche nuove installazioni; gli impianti esistenti possono inoltre avere scarse disponibilità di spazi, che impediscono la piena adozione di alcune tecniche. Una valutazione appropriata può essere fatta solo a livello locale o di sito.

Monitoraggio

Nell'accezione d'interesse per il presente documento, come già ripetutamente detto, con il termine monitoraggio si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica. Esso si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

Spesso il termine monitoraggio viene adoperato in connessione con quello di controllo che ha invece un significato diverso, rappresentando il complesso di azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento o per determinare irregolarità.

Non sfugge al lettore come non possa esserci (o comunque sia abbastanza difficile) azione di controllo senza un'opportuna azione di monitoraggio. Questo giustifica la consuetudine di unire il due termini a rappresentare l'insieme delle procedure e delle tecniche che consentono, per un verso, di mantenere una conoscenza continua e d'insieme sull'evoluzione dei parametri ambientali di rilievo per l'esercizio di un impianto e, per altro verso, di costituire la base informativa per l'azione di verifica di conformità alle normative ambientali vigenti. È evidente quindi che lo stesso monitoraggio trova nel confronto con prescrizioni fissate, siano esse operative e finalizzate all'esercizio corretto degli impianti ovvero normative e finalizzate al contenimento degli effetti inquinanti, la sua principale ragion d'essere.

Indicazioni di massima sui parametri principali di interesse per i piani di monitoraggio e su frequenze indicative di monitoraggio sono state già fornite nei singoli capitoli relativi alle specifiche produzioni. Nel seguito di questo paragrafo si è inteso fornire al lettore un'ulteriore rassegna, valida in generale per il settore della produzione e trasformazione dei metalli non ferrosi, su alcune fonti informative utili in termini di monitoraggio e sui metodi di misura disponibili per le determinazioni su specifici analiti.

Liste di inquinanti significativi in aria ed acqua definita in ambito UE

La direttiva IPPC e la Decisione della Commissione europea 2000/479/EC stabiliscono e regolano la costruzione del registro europeo delle emissioni di inquinanti (EPER, *European Pollutant Emission Register*).
Il decreto di recepimento della direttiva IPPC, D.Lgs. n. 372 del 4 agosto 1999, stabilisce la costruzione del registro nazionale delle emissioni inquinanti che alimenta l'EPER.
La UE ha predisposto le linee guida per la realizzazione dell'EPER e successivamente sono state emanate le linee guida ed il questionario nazionale per la realizzazione del registro nazionale delle emissioni inquinanti.
Tali linee guida e questionario costituiscono gli allegati al decreto ministeriale 23 novembre 2001 (G.U. n. 37 del 13 febbraio 2002, supplemento ordinario n.29) che stabilisce "Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372).
Le linee guida comunitarie e le linee guida nazionali per la costituzione dell'EPER, che nella sua versione nazionale ha assunto la denominazione INES (Inventario delle Emissioni e delle loro Sorgenti), contengono una lista di inquinanti, emessi in aria ed acqua, ritenuti significativi ai fini della costituzione dei registri delle emissioni (complessivamente 50) e sottoliste di tali inquinanti significative per ciascuna singola categoria IPPC. Ancorché non precisamente indirizzate alla valutazione dell'impatto ambientale delle raffinerie, le sottoliste EPER rappresentano comunque un'indicazione di minima delle emissioni di inquinanti che ciascun gestore deve considerare (valutandone l'applicabilità al proprio caso) ed eventualmente dichiarare annualmente, se superiori a determinate soglie.

Nella tabella seguente sono riportati gli inquinanti INES che caratterizzano l'attività IPPC 2.5: Impianti:
a) destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici
b) di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero, (affinazione, formatura in fonderia) con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli.

Ai fini del monitoraggio bisogna considerare, comunque, che questa lista di inquinanti non è esaustiva, poiché la sua finalità è solo quella di configurare la base informativa del registro europeo delle emissioni.

EMISSIONI IN ARIA		
Inquinante	**Metodo di misura**	**Frequenza di monitoraggio**
Polveri (4)	(1) M.U. 811: 88 Determinazione del materiale particellare in flussi gassosi convogliati ad alto tasso di umidità M.U. 402 – Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonda isocinetica - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI EN 13284-1) M.U. 494 - Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonde separate: tubo di prelievo e tubo di Pitot - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI 13284	Discontinuo (3)
Ossidi di zolfo (Sox)	(2) Assorbimento degli ossidi di zolfo e degli ossidi di azoto per gorgogliamento del flusso gassoso in una soluzione alcalina di permanganato di potassio e successiva determinazione analitica, per cromatografia a scambio ionico, dei prodotti di ossidazione (SO_4^{2-} e NO_3^-)	Discontinuo (3)
Ossidi di azoto (NOx)		
Esafluoruro di zolfo (SF6)	(6)	-
Monossido di carbonio (CO)	(1) M.U 542 - Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico (metodo recepito come norma UNI 9968) M.U 543 - Determinazione del monossido di carbonio in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrofotometrico all'infrarosso (metodo recepito come norma UNI 9969)	Discontinuo (3)(5)
Biossido di carbonio (CO_2)	(6)	-
Ammoniaca (NH_3)	(1) M.U. 632: 84 – Determinazione	Discontinuo (3)

EMISSIONI IN ARIA		
Inquinante	**Metodo di misura**	**Frequenza di monitoraggio**
	dell'ammoniaca – metodo colorimetrico con reattivo di Nessler	
Composti organici volatili non metanici (COVNM) (totale dei composti organici volatili escluso il metano)	(2) Determinazione di composti organici volatili per adsorbimento su carboni attivi ed analisi gascromatografica Metodo contenuto nella Norma UNI 10493 Determinazione di composti organici volatili (COV) espressi come carbonio organico totale nei flussi gassosi convogliati attraverso il Metodo strumentale automatico con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID). Metodo contenuto nella Norma UNI 10391	Discontinuo[3][9]
Cadmio (Cd) e composti (totale)	(1) ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 – Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	Discontinuo[3]
Mercurio (Hg) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Cromo (Cr) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Piombo (Pb) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Arsenico (As) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Nichel (Ni) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Rame (Cu) e composti (totale)		Discontinuo[3] Discontinuo[3]
Zinco (Zn) e composti (totale)	(6)	-
Polifluorocarburi (PFC) (Totale: somma di: CF4, C2F6, C3F8, C4F10, c-C4F8, C5F12, C6F14)	(7)	Discontinuo[3][7]

EMISSIONI IN ARIA		
Inquinante	**Metodo di misura**	**Frequenza di monitoraggio**
Policlorodibenzodiossine e Polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)	(1) ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U 825:89 – Campionamento e determinazione di microinquinanti organici: IPA, PCDD+PCDF, PCB	Discontinuo[3]
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (Somma dei 6 IPA di Borneff)[8] [10]	(2) Rapporto ISTISAN 97/35 – Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Metodo gascromatografico.	Discontinuo[3]
Cloro e composti inorganici	[8]Assorbimento dell'acido cloridrico e dell'acido fluoridrico per gorgogliamento del flusso gassoso, preventivamente filtrato, in una soluzione alcalina di idrossido di sodio (NaOH) e successiva determinazione mediante cromatografia a scambio ionico dei prodotti provenienti dalla reazione con idrossido di sodio	Discontinuo[3]
Fluoro e composti inorganici		Discontinuo[3]

<u>Note:</u>

1. il riferimento normativo per il metodo è il DM 12/07/90, tabella 4.1 allegato 4
2. il riferimento normativo per il metodo è il DM 25/08/00. in particolare, i metodi che si riferiscono a questo decreto hanno sostituito alcuni dei metodi riportati nella tabella 4.1 dell'allegato 4 del 12/07/90
3. Ai sensi dell'allegato 4 del DM del 12/07/90, le misure possono essere effettuate con metodi discontinui, tenendo presente che i valori limite di emissione si riferiscono ad un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni più gravose. . Tuttavia, l'autorità competente può prescrivere un monitoraggio in continuo per l'ossigeno, ossidi di zolfo, ossidi di azoto e polveri. Resta inoltre da sottolineare che, ai sensi dell'articolo 4, comma 5 del DM 12/07/90, la valutazione dei valori di sostanze inquinanti presenti nelle emissioni deve essere effettuata considerando il valore medio dei risultati ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati secondo le indicazioni del manuale UNICHIM 158/88.
4. Nella lista INES è riportato il PM10 e non le polveri. i metodi riportati, che permettono la misura delle polveri totali, possono costituire una base per la misura del PM_{10}
5. Gli impianti di potenza termica nominale, per singolo focolare, pari o superiore a 6 MW, devono essere dotati di rilevatori della temperatura nei gas effluenti nonché di un analizzatore per la

misurazione e la registrazione in continuo dell'ossigeno libero e del monossido di carbonio (art. 5, comma 1 del DPCM 8 marzo 2002)

6. Secondo quanto riportato nel paragrafo 1.2.14, allegato I (Linee giuda per la dichiarazione delle emissioni), del D.M. 23 novembre 2001, per gli inquinanti non regolamentati dalla normativa nazionale italiana si raccomanda di utilizzare metodi standardizzati internazionalmente accettati. Se si vuole usare un metodo non standardizzato, esso dovrà essere verificato con un metodo standard. Un elenco indicativo dei principali metodi di analisi standardizzati e riconosciuti a livello internazionale elaborati da UNI, CEN, ISO, ASTM (American Society for Testing and Materials) ed EPA, è indicato nel D.M. 23/11/2001 (tab.1.6.8)
7. Nel DM del 12/07/90 sono presenti: trifluorometano e diversi cloro-fluoro e bromo-fluoro carburi.
8. Gli IPA di Borneff sono: Fluorantene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Benzo(ghi)perilene, Indeno(1,2,3-cd)pirene). I metodi di misura indicati nella normativa italiana e riconosciuti a livello internazionale generalmente prevedono la determinazione di un numero di composti maggiori e diversi rispetto a quelli di Borneff.Si può inoltre osservare che nel DM 12/07/1990 sono indicati diversi IPA ma solo 3 dei 6 di Borneff.
9. Nel DM 12/07/1990 sono indicati diversi COVNM appartenenti a classi diverse (allegato I, paragrafo 4); nell'allegato 2 del 12/07/90 (valori di emissione per specificate tipologie di impianti) la determinazione dei COV è prevista come carbonio totale
10. Monitoraggio non previsto dal registro INES per gli impianti di categoria 2.5 a)

INQUINATI IN ACQUA		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA[1, 4]**	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
1 - Nutrienti		[2]Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, D.Lgs. 258/2000, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore. La tabella 3/A dell'allegato 5 prevede invece per le medie
Azoto Totale espresso come N	4030 A2 Azoto ammoniacale spettrofotometrico con Nessler; 4030 A1 azoto ammoniacale spettrofotometrico all'indofenolo; 4020 Anioni in cromatografia ionica (per l'azoto ammoniacale)	

INQUINATI IN ACQUA		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA**[1, 4]	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
	4050 Azoto nitroso spettrofotometrico con solfanilammide + naftiletilendiammina; 4020 Anioni in cromatografia ionica (per l'azoto nitroso)	mensili un prelievo quotidiano di un campione rappresentativo degli scarichi effettuati nel giro di 24 ore e la misurazione della concentrazione della sostanza in esame e la misura del flusso totale degli scarichi nello stesso arco di tempo. La quantità di sostanza scaricata nel corso di un mese si calcola sommando la quantità scaricata ogni giorno nel corso del mese.
	4040 A1 Azoto nitrico spettrofotometrico con salicilato di sodio; 4040 A2 riduzione su colonna di Cd/Cu + spettrofotometria con solfanilammide e a-naftiletilendiammina; 4020 Anioni in cromatografia ionica (per l'azoto nitrico)	
Fosforo Totale espresso come P	4060 Azoto totale e fosforo totale	
2 - Metalli e composti		
Arsenico (As) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come arsenico elementare)	3080 aassorbimento atomico con formazione di idruri	
Cadmio (Cd) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come cadmio elementare)	3120 A assorbimento atomico in fiamma	
Cromo (Cr) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come cromo elementare)	3150 A assorbimento atomico in fiamma	
	3150 C spettrofotometrico con difenilcarbazide	

INQUINATI IN ACQUA		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA[1, 4]**	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
Rame (Cu) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come rame elementare)	3250 A assorbimento atomico in fiamma	
Mercurio (Hg) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi mercurio elementare)	3200 A2 assorbimento atomico a vapori freddi	
Nichel (Ni) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come nichel elementare)	3220 A assorbimento atomico in fiamma	
Piombo (Pb) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come piombo elementare)	3230 A assorbimento atomico in fiamma	
Zinco (Zn) e composti Totale (composti inorganici e organici espressi come zinco elementare)	3320 assorbimento atomico in fiamma	
3 - Sostanze organiche clorurate 5150 Solventi clorurati		[2]Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, D.Lgs. 258/2000, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore.
Dicloroetano-1,2 (DCE) Totale	5150 Solventi clorurati: gascromatografia con rivelazione a cattura elettronica, previa estrazione con opportuno solvente, o la gascromatografia, previo isolamento con procedimento "purge and trap" e intercettazione mediante un separatore capillare raffreddato tramite criogenia.	
Diclorometano (DCM) Totale	5150 Solventi clorurati	

INQUINATI IN ACQUA		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA**[1, 4]	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
Cloroalcani (C10-13) Totale		
Esaclorobenzene (HCB) Totale	5150 Solventi clorurati	
Esaclorobutadiene (HCBD) Totale		
Esaclorocicloesano (HCH) Totale	5090 Pesticidi clorurati - estrazione liquido-liquido ed gascromatografia capillare con rivelatore ECD	
Pentaclorobenzene	5090 Pesticidi clorurati	
Composti organici alogenati Totale (espressi come AOX)		
4 -Altri composti organici		[2]Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, D.Lgs. 258/2000, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore.
Benzene, toluene, etilbenzene, xileni (BTEX) Totale (espressi come somma dei singoli composti)	5140 Solventi organici aromatici - purge and trap e gascromatografia	
Difeniletere bromato Totale (espresso come bromo Br)		
Composti organostannici Totale (espressi come stagno Sn)		
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) Somma dei 6 IPA di Borneff	5080 LLE o SPE + GC-MS o HLPC-fluorescenza	
Fenoli Totale (espressi come C)	5070 B1 fenoli in HPLC	

INQUINATI IN ACQUA		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA**(1, 4)	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
Nonilfenolo Nonilfenolo etossilato e sostanze correlate		
Carbonio organico totale Espresso come C o COD/3	5040 Analisi elementare - 5130 COD	
5 - Altri composti		
Cloruri Totale (espressi come Cl)	4020 Anioni in cromatografia ionica	
Cianuri Totale (espressi come CN)	4070 spettrofotometrico con cloramina T	
Fluoruri Totale (espressi come F)	4020 Anioni in cromatografia ionica	

ALTRI INQUINANTI IN ACQUA PRESENTI NEL D.Lgs. 258/2000 MA NON PREVISTI NEL REGISTRO INES		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA[1, 4]**	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
pH	2060 pH	[2]Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, D.Lgs. 258/2000, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore.
Temperatura (°C)	2100 Temperatura	
Colore	2020 Colore	
Odore		
Materiali grossolani	2090 Solidi	
Solidi sospesi totali (mg/L)	2090 Solidi	
BOD5 (come O_2) (mg/L)	5120 BOD	
Alluminio (mg/L)	3050 Alluminio F-AAS	
Bario (mg/L)	3090 Bario F-AAS	
Boro (mg/L)	3110 spettrofotometrico con curcumina	[2]Ai sensi del paragrafo 1.2 dell'allegato 5, D.Lgs. 258/2000, le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di tre ore.
Ferro (mg/L)	3160 Ferro F-AAS	
Manganese (mg/L)	3190 Manganese F-AAS	
Selenio (mg/L)	3260 Selenio HG-AAS	
Stagno (mg/L)	3280 Stagno F-AAS	
Cloro attivo libero (mg/L)	4080 Cloro attivo libero	
Solfuri (come H_2S) (mg/L)	4160 Solfuro	
Solfiti (mg/L)	4150 Solfito	
Solfati (come SO_3) (mg/L)	4140 Solfato	
Grassi e olii animali/vegetali (mg/L)	5160 A1 sostanze oleose	

ALTRI INQUINANTI IN ACQUA PRESENTI NEL D.Lgs. 258/2000 MA NON PREVISTI NEL REGISTRO INES		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA(1, 4)**	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**
Aldeidi (mg/L)	5010 Aldeidi	
Solventi organici azotati (mg/L)		
Tensioattivi totali (mg/L)	5170 + 5180*	
Pesticidi fosforati (mg/L)	5100 Pesticidi fosforati	
Pesticidi totali (esclusi i fosforati) tra cui:	5060 Prodotti fitosanitari	
- aldrin (mg/L)	"	
- dieldrin (mg/L)	"	
- endrin (mg/L)	"	
- isodrin (mg/L)	"	
Escherichia coli UFC/100mL	7030 Escherichia coli	
Saggio di tossicità acuta(3)	8020 Daphnia	

ALTRI INQUINANTI IN ACQUA PRESENTI NEL D.Lgs. 258/2000 MA NON PREVISTI NEL REGISTRO INES		
INQUINANTI INES	**METODO/I DI MISURA(1, 4)**	**FREQUENZA DI MONITOTAGGIO**

[1] Ai sensi dell'allegato 5, paragrafo 4 del D.Lgs. 258/2000, rimangono valide le procedure di controllo, campionamento e misura definite dalla normativa in essere (ossia L. 319, 10 maggio 1976) prima dell'entrata in vigore dello stesso decreto. Tali metodiche dovranno essere aggiornate con apposito decreto ministeriale su proposta dell'ANPA. Di seguito si riportano i metodi analitici di riferimento descritti nei volumi "Metodi analitici per le acque" redatti dall'Istituto di Ricerca sulle Acque, CNR, Roma ed in fase di pubblicazione. Secondo quanto riportato nel paragrafo 1.2.15, allegato I (Linee giuda per la dichiarazione delle emissioni), del D.M. 23 novembre 2001, per gli inquinanti non regolamentati dalla normativa nazionale italiana si raccomanda di utilizzare metodi standardizzati internazionalmente accettati. Se si vuole usare un metodo non standardizzato, esso dovrà essere verificato con un metodo standard. Un elenco indicativo dei principali metodi di analisi standardizzati e riconosciuti a livello internazionale elaborati da UNI, CEN, ISO, ASTM (American Society for Testing and Materials) ed EPA, e indicati nel D.M. 23/11/2001 (tab.1.6.10), è riportato in allegato alla presente tabella.

[2] L'autorità preposta al controllo può, con motivazione espressa nel verbale di campionamento, effettuare il campionamento su tempi diversi al fine di ottenere il campione più adatto a rappresentare lo scarico qualora lo giustifichino particolari esigenze quali quelle derivanti dalle prescrizioni contenute nell'autorizzazione dello scarico, dalle caratteristiche del ciclo tecnologico, dal tipo di scarico (in relazione alle caratteristiche di continuità dello stesso), il tipo di accertamento (accertamento di routine, accertamento di emergenza, ecc.). Per verificare inoltre che gli scarichi dei cicli produttivi specificati nella tabella 3/A, allegato 5 del D.Lgs. 258/2000, soddisfino i limiti indicati nella stessa tabella 3/A, deve essere prevista una procedura di controllo che prevede: a) il prelievo quotidiano di un campione rappresentativo degli scarichi effettuati nel giro di 24 ore e la misurazione della concentrazione della sostanza in esame; b) la misurazione del flusso totale degli scarichi nello stesso arco di tempo.
La quantità di sostanza scaricata nel corso di un mese si calcola sommando le quantità scaricate ogni giorno nel corso del mese. Tale quantità va divisa per la quantità di prodotto o di materia prima.

[3] Il saggio di tossicità è obbligatorio. Oltre al saggio su Daphnia magna, possono essere eseguiti saggi di tossicità acuta su Ceriodaphnia dubia, Selenastrum capricornutum, batteri bioluminescenti o organismi quali Artemia salina, per scarichi di acqua salata o altri organismi tra quelli che saranno indicati ai sensi del punto 4 del presente allegato. In caso di esecuzione di più test di tossicità si consideri il risultato peggiore. Il risultato positivo della prova di tossicità non determina l'applicazione diretta delle sanzioni di cui al Titolo V, determina altresì l'obbligo di approfondimento delle indagini analitiche, la ricerca delle cause di tossicità e la loro rimozione.

[4] I metodi riportati in **grassetto** sono i più adatti alla misura di valori di concentrazione conformi ai limiti di emissione indicati nella tabella 3, allegato 5 del D.Lgs 152/99, e successive modifiche e integrazioni.

DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Considerazioni generali

Le informazioni contenute in questo documento sono da intendere come un riferimento per la determinazione delle MTD nei singoli casi specifici. Le tecniche che vengono presentate e i livelli di emissione e di consumi energetici e di materiali ad esse associati dovrebbero essere considerate come un'indicazione generale e una sorta di base tecnica da consultare nel momento del rilascio di un'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) basata sulle MTD.

La determinazione di appropriate condizioni da prescrivere nel rilascio dall'AIA dovrebbe tener conto, infatti, di fattori locali e specifici del sito, come le caratteristiche tecniche dell'insediamento produttivo interessato, la sua localizzazione geografica e le specifiche condizioni ambientali. Nel caso di impianti esistenti, inoltre, si dovrebbe prendere in considerazione la fattibilità tecnico/economica dell'introduzione di una tecnica indicata in questa guida come MTD, ricordando che essa è definita come tale solo in senso generale. Le tecniche e i livelli di performance ambientale indicati non sono perciò necessariamente da considerare appropriati per tutti i tipi di impianti, anche se possono essere ritenuti validi per un'ampia casistica.

L'elenco delle MTD riportate nel presente documento, così come nel BRef, non può essere considerato esaustivo. Nell'applicazione al caso concreto si dovrà quindi anche valutare la reale applicabilità delle tecniche, oltre alla possibilità di disporre di tecniche alternative parimenti efficaci. Pertanto l'individuazione delle MTD applicate ed applicabili in un singolo impianto deve necessariamente partire da una valutazione preliminare dell'impianto produttivo, che l'azienda dovrà svolgere e successivamente sottoporre all'amministrazione tramite la domanda di autorizzazione.

Tale valutazione, da parte dell'azienda, deve essere finalizzata alla illustrazione dei processi condotti nel sito produttivo e delle conseguenti prestazioni ambientali. In questa fase dovranno quindi essere individuate le differenti fasi produttive, le apparecchiature installate, le materie prime impiegate. Tutto ciò avrà infatti influenza sulle tecniche applicabili e sulle emissioni prodotte.

La fase successiva richiede la valutazione degli aspetti ambientali significativi sui quali concentrare l'attenzione, nell'ambito di un approccio integrato. In questo senso, è necessaria una valutazione dei flussi di materia ed energia in ingresso ed in uscita dallo stabilimento. Ulteriori valutazioni dei flussi, suddivise per singole fasi di lavorazione, possono rendersi utili o necessarie per utenze di particolare impatto, nel caso in cui su tali utenze sia possibile ottenere un miglioramento ambientale sensibile ed importante. Per l'identificazione dei parametri significativi ci si può riferire a quanto già disponibile in letteratura, verificandone la congruenza nel caso specifico.

A questo punto l'azienda sarà in grado di identificare le MTD, o altre tecniche alternative, già applicate nello stabilimento e valutare le eventuali possibilità di

intervento, in particolare nei settori ambientali che dovessero essere emersi come più significativi nella valutazione precedente. Alla identificazione, da parte dell'azienda, di possibili tecniche integrative si deve associare la valutazione dell'applicabilità tecnica ed economica nella realtà specifica.

Criteri di individuazione ed utilizzo.

In sintesi le MTD sono individuate con un procedimento iterativo che prevede i seguenti passaggi:

- identificazione delle problematiche ambientali chiave correlabili al settore;
- analisi delle tecnologie più importanti per affrontare le problematiche identificate;
- identificazione dei migliori livelli di performance ambientali sulla base di dati storici del settore a livello europeo e mondiale;
- esame delle condizioni che consentono il raggiungimento dei citati livelli di performance: costi, situazione di contaminazione incrociata, eventuali specifici benefici che promuovano l'attuazione delle tecnologie identificate;
- selezione delle MTD e dei livelli di emissione o di consumo loro associati.

Si richiama che per le MTD presentate e, per quanto possibile, per le emissioni ed i consumi ad esse associate, valgono le seguenti considerazioni.

- Deve esser opportunamente valutata l'applicazione della singola tecnica su impianti nuovi od esistenti. Gli impianti esistenti si avvicineranno alle condizioni previste dalle MTD in funzione, caso per caso, della pratica applicabilità, dal punto di vista tecnico ed economico, delle tecniche considerate. In generale, le performance ambientali associate alle MTD sono da intendersi come performance prevedibili a seguito dell'applicazione delle tecnologie considerate su impianti di nuova realizzazione ed alle quali dovranno tendere, nel tempo, le tecniche già applicate agli impianti esistenti.
- È opportuno considerare l'età complessiva delle installazioni cui le tecniche sono applicate.
- Il livello di evoluzione tecnologica e progettuale corrispondente all'epoca della loro realizzazione, in quanto una medesima tecnologia è a sua volta soggetta ad un progresso tecnologico continuo.
- Eventuali livelli di performance ambientale (emissioni e consumi), associati a MTD di settore, devono essere intesi come performance massime prevedibili applicando una determinata tecnologia; ma va valutato adeguatamente l'equilibrio costi/benefici e tenute sempre presenti le condizioni di riferimento (ad esempio i periodi per la valutazione dei valori medi). Essi non sono, e non devono essere, considerati alla stregua di valori limite di emissione o di consumo.
- Le MTD vanno considerate come riferimenti e orientamenti generali per valutare la performance di impianti esistenti o la proposta di nuove installazioni, in vista della definizione di condizioni di funzionamento o di vincolo appropriate.
- Gli impianti esistenti si avvicineranno alle condizioni previste dalle MTD in funzione, caso per caso, della pratica applicabilità, dal punto di vista tecnico ed economico, delle tecniche considerate.

- La definizione e l'adozione delle MTD richiede una precisa metodologia, in quanto esse sono influenzate da numerosi fattori di carattere locale, quali ad esempio la disponibilità di materie prime e la loro qualità, la compatibilità con sistemi di abbattimento efficaci e la possibilità di ridurre al massimo i consumi di acqua e la generazione di rifiuti.

Il documento sottolinea inoltre la necessità, nell'adozione delle MTD, di attenersi ai seguenti principi:

- una volta adottata una tecnica classificabile come MTD, perché la tecnica sia veramente tale è necessario che sia gestita nella maniera più corretta in modo che il beneficio ambientale non venga a diminuire o a interrompersi nel tempo;
- il concetto di MTD va applicato a tutta la catena di gestione delle attività, onde evitare che il beneficio ambientale di una misura presa all'inizio venga cancellato da una gestione a valle a bassa efficacia ambientale.

Come accennato, per determinare l'applicabilità di una tecnica è necessario verificare il contesto in cui opera l'azienda e la coerenza con i principi delle MTD, sulle quali si fonda la direttiva stessa.

A tale riguardo ricordiamo che nell'allegato IV della direttiva 96/61/CE e dello stesso d.lgs 372/99 si elencano le considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle MTD, tenuto conto dei costi e dei benefici, così riassunti.

1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti.
2. Impiego di sostanze meno pericolose.
3. Sviluppo di tecniche per il ricupero e il riciclo delle sostanze emesse e usate nel processo, e, ove opportuno, dei rifiuti.
4. Processi, sistemi o metodi operativi comparabili, sperimentati con successo su scala industriale.
5. Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico.
6. Natura, effetti e volume delle emissioni in questione.
7. Date di messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti.
8. Tempo necessario per utilizzare una migliore tecnica disponibile.
9. Consumo e natura delle materie prime ivi compresa l'acqua usata nel processo e efficienza energetica.
10. Necessità di prevenire o di ridurre al minimo l'impatto globale sull'ambiente delle emissioni e dei rischi.
11. Necessità di prevenire gli incidenti e di ridurne le conseguenze per l'ambiente;
12. Informazioni pubblicate dalla Commissione ai sensi dell'art. 16, paragrafo 2, o da organizzazioni internazionali (ad esempio il BRef e questa stessa linea guida).

In questa fase è inoltre necessario tenere in considerazione la legislazione nazionale e regionale di riferimento, la presenza di idonee infrastrutture e servizi e la localizzazione del sito.

Alcuni esempi dell'importanza di tali valutazioni sono la disponibilità nella zona di strutture idonee al trattamento dei residui di produzione, la qualità e le caratteristiche delle varie metrici ambientali, la presenza di centri abitati od aree protette in prossimità dello stabilimento.

E' quindi opportuno procedere con la valutazione dei benefici ambientali attesi con l'applicazione della tecnica, non solo in termini di prestazioni teoriche, ma anche in funzione della reale operatività nel tempo. I benefici andranno valutati secondo un approccio integrato, al fine di evitare il trasferimento di inquinamento da un settore ambientale ad un altro.

Ai benefici ambientali ottenibili dovranno essere rapportati i costi derivanti, per verificarne la congruità. Nella valutazione dei benefici si dovrà tenere in considerazione le priorità definite, in campo ambientale, a livello territoriale e nazionale, dalle Autorità competenti e la significatività dell'intervento rispetto ad esse. L'Amministrazione dovrà rendere disponibili all'azienda le informazioni sullo stato del territorio in cui è collocata l'attività produttiva, per permettere a quest'ultima una corretta valutazione.

Nella valutazione economica è invece necessario tenere conto della situazione economica, della capacità competitiva dell'impresa sul proprio mercato di riferimento e delle economie di scala ottenibili.

Per gli impianti esistenti, inoltre, si dovranno considerare i costi aggiuntivi dovuti alla perdita di produzione causata dalle fermate necessarie per le modifiche impiantistiche e la messa a punto.

Infine l'applicabilità della MTD è condizionata alla compatibilità tecnica con le strutture esistenti, alla disponibilità di spazio e alla qualità richiesta dal prodotto. La verifica della compatibilità tecnica ed economica è una fase particolarmente critica, in quanto riassume tutte le specificità dell'impianto produttivo a cui ci si riferisce e pertanto non è possibile trovare le informazioni necessarie se non all'interno del sito stesso.

I tempi di attuazione, infine, dipendono dall'impatto che la tecnica ha sull'intero processo. In questo senso le tecniche che intervengono sul processo richiedono tempi di applicazione e affinamento maggiori. Questo vuol dire che possono sussistere interventi per i quali le aziende devono programmare gli investimenti con gradualità e con prospettive a lungo termine.

Una volta identificata la migliore combinazione di MTD, o tecniche alternative, applicabili all'unità produttiva, l'Autorità competente potrà verificarne la coerenza con i principi della direttiva ed i requisiti di legge e definire le eventuali prescrizioni che dovranno essere inserite nell'autorizzazione integrata ambientale. Per quanto detto in precedenza, tali prestazioni saranno specifiche per ogni impianto produttivo e dovranno mantenere la loro coerenza con tutte le altre disposizioni di legge applicabili alla realtà produttiva in oggetto.

Occorre, infine, richiamare l'attenzione del lettore sul fatto che l'utilizzo di una tecnica per la riduzione al minimo dell'impatto ambientale deve necessariamente essere accompagnata da un adeguato sistema di gestione ambientale e di verifica delle condizioni operative. L'installazione di una tecnica, infatti, non è sufficiente ad assicurare il conseguimento della prestazione in modo continuativo se non è supportata da un sistema che garantisca l'affidabilità degli impianti e delle attrezzature e che preveda procedure operative adeguate alle diverse condizioni operative e tempi efficaci di rilevazione e reazione ad eventuali scostamenti dalle condizioni volute.
In sede di definizione dell'atto di autorizzazione integrata ambientale, per i singoli insediamenti, dovranno essere accertate le condizioni generali di gestione e di controllo dell'affidabilità impiantistica.

GLOSSARIO (DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI)

Audit — Strumento della gestione ambientale, di sicurezza e salute, utilizzato secondo una specifica procedura, che ha lo scopo di verificarne l'efficienza di organizzazione, il raggiungimento degli obiettivi fissati e l'individuazione di eventuali azioni correttive.

Autocontrollo (*automonitoraggio*) — Monitoraggio eseguito dal gestore in accordo con il piano di controllo stabilito nella/e autorizzazione/i. Può includere il monitoraggio delle emissioni, dei parametri di processo e degli impatti sull'ambiente recettore. I gestori possono anche affidare il loro autocontrollo ad un soggetto esterno.

Autorità competente — Si intende qui competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, la medesima autorità statale competente al rilascio del provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale ai sensi della vigente normativa o l'autorità individuata dalla regione, tenuto conto dell'esigenza di definire un unico procedimento per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale.

Autorità di controllo — È in generale l'autorità competente per l'effettuazione dei controlli ambientali ovvero le agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente incaricate dall'autorità competente, ove previsto, di accertare la corretta esecuzione del piano di controllo e la conformità dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA.

Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) (*permesso*) — Una decisione scritta (o più decisioni) o parte di essa che contiene l'autorizzazione a gestire tutto o una parte dell'impianto, fissando le condizioni che garantiscono che l'impianto sia conforme ai requisiti della Direttiva 96/61/CE. Una autorizzazione/permesso può coprire uno o più impianti o parti di impianti nello stesso sito gestiti dallo stesso operatore.

BAT — Best Available Techniques

BOD (Biological Oxygen Demand) — Misura dell'inquinamento organico. Indica la quantità di ossigeno utilizzato dai microrganismi per unità di volume di acqua ad una data temperatura per un dato tempo.

BRef — BAT Reference Document

CO (monossido di carbonio) — È un gas che si produce da una combustione che avviene in carenza di ossigeno. È tossico per l'uomo in quanto si lega all'emoglobina del sangue in modo irreversibile al posto delle molecole di ossigeno.

CO_2 (anidride carbonica) — È un gas che si produce dalla combustione di materiale organico. È costituente fondamentale del ciclo vegetale (fotosintesi clorofilliana). È trasparente alla luce solare e assorbe le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre (effetto serra).

COD (Chemical Oxygen Demand)	È l'indice della quantità di sostanza organica e inorganica presente negli scarichi idrici e quindi del loro potenziale inquinamento.
Combustione	È la reazione di sostanze organiche che avviene in presenza di ossigeno che ha come prodotti di reazione principalmente ossidi di carbonio, acqua e calore.
Desolforazione	È il trattamento delle frazioni gassose che consiste nell'estrazione dei composti solforati a carattere acido (acido solfidrico e mercaptani).
EMAS	Eco Management and Audit Scheme.
Emissione	È il risultato dell'immissione nell'ambiente di inquinanti a seguito di attività umane.
Emissione convogliata	Avviene attraverso camini allo scopo di facilitarne la dispersione in aria.
Emissione fuggitiva	È prodotta in modo involontario da perdite di componenti degli impianti di lavorazione o dai serbatoi di stoccaggio.
EPER	European Pollutant Emission Register.
Gestore *(esercente)*	Qualsiasi persona fisica o giuridica che detiene o gestisce l'impianto.
GPL	Gas di petrolio liquefatto: miscela di idrocarburi cosituita prevalentemente da butano e propano, presenti allo stato liquido o gassoso in relazione alla temperatura e pressione.
Impianto	Unità tecnica permanente dove vengono svolte una o più attività elencate nell'Allegato I della Direttiva IPPC, e ogni altra attività direttamente associata che abbia una relazione tecnica con le attività intraprese in quel sito e che potrebbe avere conseguenze sulle emissioni e sull'inquinamento.
INES	Inventario nazionale delle emissioni e delle loro sorgenti (è la versione italiana dell'EPER).
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici.
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control.
Monitoraggio	Controllo sistematico delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di un'emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica ecc. Ciò si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.
MTD	Migliore tecnica disponibile

NO_X (ossidi di azoto)	Sono composti gassosi costituiti da azoto e ossigeno In atmosfera fanno parte dei precursori dello smog fotochimico e dopo l'SO_2 sono i principali responsabili delle piogge acide.
Piano di controllo	È l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto o di uno stabilimento, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella/e autorizzazione/i.
Polveri o PST (Particolato Sospeso Totale)	È costituito da particelle solide in sospensione in aria. Per la maggior parte è materiale carbonioso incombusto che può adsorbire sulla sua superficie composti di varia natura. La frazione di particolato più fine (PM_{10}) con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm può essere inalato ed arrivare ai polmoni diventando potenzialmente pericoloso per la salute umana.
ppm (parti per milione)	Unità di misura utilizzata per le concentrazioni di sostanze all'interno di miscele. Le parti possono essere intese in volume o in peso.
SGA	Sistema di Gestione Ambientale
Sistema di monitoraggio delle emissioni (SME)	Sistema per la misura delle grandezze, relative alle emissioni, in grado di espletare le seguenti funzioni: campionamento ed analisi, acquisizione, validazione, elaborazione automatica ed archiviazione dei dati.
Sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SMCE)	È un sistema di monitoraggio delle emissioni che opera in continuo.
SO_2 (anidride solforosa)	È un gas che viene rilasciato durante la combustione di combustibili fossili contenenti zolfo. In aria è uno dei principali responsabili delle piogge acide che, in terreni poco ricchi di basi, come nel nord Europa, possono causare danni all'ecosistema.
SST	Solidi Sospesi Totali: materiale solido finemente suddiviso in sospensione in acqua.
Stabilimento (*sito*)	Tutta l'area sottoposta al controllo di un gestore, nella quale sono presenti uno o più impianti, comprese le infrastrutture o le attività comuni o connesse.
Standard di qualità dell'aria	Valore di concentrazione di un inquinante nell'aria al di sotto del quale la popolazione generale è sufficientemente protetta. Costituiscono il riferimento per fissare i valori limite alle emissioni di sostanze inquinanti prodotte dall'uomo.

VOC (in italiano anche COV Composti Organici Volatili)	Sono la frazione più leggera degli idrocarburi che compongono i combustibili. Comprendono sostanze con numero di atomi di carbonio da 4 a 8 (tra cui il benzene). Sono emessi nell'ambiente principalmente per evaporazione.
Zolfo	È presente nei combustibili soprattutto sotto forma di zolfo elementare, composti organici come tiofene e nonilmercaptano. Combustibili di alta qualità hanno basso contenuto di zolfo per cui si tende ad eliminarlo nei processi di raffinazione (vedi desolforazione). Lo zolfo recuperato come tale viene poi venduto all'industria chimica.

Allegato V

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nella categoria IPPC:

2.5 *Impianti:*

b) di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia), con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli

IPPC
(PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATE DELL'INQUINAMENTO)

DECRETO LEGISLATIVO 372/99 (art. 3, comma 2)

ELEMENTI PER L'EMANAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Categoria IPPC 2.5 : Impianti
b) di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia), con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli.

INDICE DEL DOCUMENTO

A. PREMESSA

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
Questo documento presenta la proposta del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi", istituito il 4 giugno 2003 con la seguente composizione:

- ing. Alfredo Pini (APAT, coordinatore) e dott. Mauro Rotatori (CNR), designati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott.ssa Maria Paola Bogliolo (ISPESL), designata dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Puglisi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Orazio Zoccolan (ASSOMET) e dott. Gualtiero Corelli (ASSOFOND), designati da Confindustria.

Ai lavori del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" hanno preso parte anche funzionari a supporto dei membri designati ed esperti nel settore. In particolare, ai lavori del GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" hanno contribuito, a vario titolo:

- ing. Claudio Munforti ed ing. Giovanni Tula (ALCOA) come esperti
- ing. Michele Bortolami (RAFFMETAL) come esperto
- ing. Alberto Zanini (EUROPA METALLI) come esperto
- ing. Aldo Zucca (PORTOVESME) come esperto
- ing. Alfredo Teodosi (EURALLUMINA) come esperto
- ing. Giancarlo Urbani (AIRPB) come esperto
- dott. Federico Spadoni (CNR) come esperto
- ing. Fabio Fortuna (APAT) come esperto, ing. Nazzareno Santilli (APAT) come esperto e sig.ra Anna De Luzi (APAT) per la segreteria del gruppo.

Nelle sue prime riunioni il GTR "produzione e trasformazione di metalli non ferrosi" (d'ora in poi semplicemente GTR) ha inteso delineare gli scopi e gli obiettivi del proprio lavoro che si possono così sintetizzare:

- il GTR ha prodotto due documenti: uno relativo alla "produzione di metalli non ferrosi" (oggetto di separata pubblicazione) a partire da materia prima vergine o riciclata ed un altro relativo alla "fusione e lega di metalli non ferrosi" (il presente documento);
- gli elementi che il GTR propone alla Commissione Nazionale MTD hanno la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze tecnologiche nel settore sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione;

- in quanto strumento di approfondimento delle conoscenze questo documento non contiene indicazioni su "limiti di emissione", essendo questi ultimi il risultato di un processo di valutazione che deve tenere in conto aspetti specifici dell'industria che si autorizza e del sito su cui tale industria opera; la proposta di linea guida del GTR contiene piuttosto un'elencazione di tecniche disponibili ritenute le migliori oggi utilizzabili sia dal punto di vista tecnico che economico e delle prestazioni ambientali che sono conseguibili con le tecnologie proposte; le prestazioni sono normalmente indicate sotto forma di intervalli di valori, in analogia con quanto fatto nel BRef comunitario;
- questo documento non contiene indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede;
- questo documento contiene invece gli elementi del monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici del settore, lasciando gli elementi generali per la definizione del piano di monitoraggio e controllo dell'azienda alla linea guida generale sui "sistemi di monitoraggio".

Il GTR ha inoltre discusso e concordato un'impostazione relativa all'analisi costi-benefici delle MTD che saranno valutate. In una visione del rapporto costi-benefici che include i costi ed i benefici sia per le industrie che per la collettività, il GTR ha ritenuto che la fattibilità economica sia per definizione una valutazione che deve essere effettuata caso per caso e da colui che ha la competenza per l'individuazione della specifica tecnica. Il GTR ha individuato molte ragioni a sostegno di questo assunto. Vale la considerazione che una fattibilità economica non può prescindere dalla realtà aziendale che viene trattata (quanto meno per la dimensione dell'azienda), non può prescindere dalla collocazione territoriale degli impianti (per la definizione dei costi ovvero dei benefici sociali e per la valutazione della presenza di infrastrutture sul territorio che consentono determinate scelte aziendali). Poiché il prodotto richiesto al GTR è il complesso degli elementi per la definizione di una "linea guida", si ritiene che esso possa comprendere solo alcune indicazioni propedeutiche all'effettuazione dell'analisi di fattibilità del tipo costi/efficacia.
Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techiniques Reference documents (BRefs)*. L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del Ministero dell'Ambiente.
Per il settore della fusione e lega di metalli non ferrosi è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry – Final Draft January 2004" disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es.
Nei riferimenti al BRef, nel seguito questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).

B. IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DI SETTORE

La ricognizione normativa proposta in questo paragrafo intende indirizzare il lettore verso le norme rilevanti della vigente legislazione ambientale, in relazione allo specifico settore della produzione di metalli non ferrosi, con particolare riferimento a quelle norme che prevedono autorizzazioni ambientali.

L'elenco che viene presentato nel seguito non ha alcuna pretesa di completezza né può essere adottato nei procedimenti autorizzativi come riferimento unico ed esauriente, tanto più che esso non comprende una parte di normativa, quella di genesi regionale, che comunque deve essere presa in considerazione e rispettata nell'esercizio delle attività suddette.

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203	Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 140 del 16 giugno 1988, S.O.).	-
D.P.C.M. 21 luglio 1989 (attuazione e interpretazione del Dpr 203/1988	Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni, ai sensi dell'articolo 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349, per l'attuazione e l'interpretazione del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (G. U. n. 171 del 24 luglio 1989)	Gli impianti di produzione e fusione di metalli non ferrosi, aventi capacità complessiva di oltre 1 tonnellata per i metalli pesanti o di 0,5 tonnellate per i metalli leggeri sono inclusi nell'allegato I e pertanto devono presentare la domanda di autorizzazione ai sensi degli articoli 12 o 17 del Dpr n. 203

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.M. 12 luglio 1990	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (G.U. n. 176 del 30 luglio 1990, S.O.).	Nell'allegato 2 (valori di emissione per specifiche tipologie di impianti) vengono forniti i limiti di emissione i per i seguenti tipi di impianti: ▪ Impianti per la fonderia di ghisa e acciaio (par.18) ▪ Impianti per la fusione dell'alluminio (par.25) ▪ Impianti per la seconda fusione dei metalli non ferrosi e delle loro leghe (par.26) I limiti di emissione contenuti nei citati paragrafi dell'allegato 2 sono fissati senza far riferimento ad un valore determinato di concentrazione di O_2 nei fumi, ma si rimanda all'art. 3 in cui, in maniera generale, si cita "il tenore d'ossigeno ... è quello derivante dal processo". È necessario che l'autorità competente valuti attentamente questo aspetto e fissi un valore di riferimento. Nell'allegato 1 sono specificati i limiti per gli inquinanti non citati nell'allegato 2; L'allegato 4 riporta i metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni; L'allegato 5 da delle indicazioni su alcune tecnologie disponibili negli impianti di abbattimento
D.P.R. 25 luglio 1991	Modifiche all'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21 luglio 1989 (G.U. n. 175 del 27 luglio 1991)	Le fonderie di metalli con produzione di oggetti metallici non superiore a 100 kg/g sono una attività a ridotto inquinamento atmosferico
L. 15 gennaio 1994, n. 65	Ratifica ed esecuzione della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, con allegati, fatta a New York il 9 maggio 1992 (G.U. n. 23 del 29 gennaio 1994, S.O.)	-
D.M. (Ambiente) 15 aprile 1994	Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del decreto ministeriale 20 maggio 1991 (G.U. n. 107 del 10 maggio 1994)	-
D.M. (Sanità) 5 settembre 1994	Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie (G.U. n. 220 del 20 settembre 1994, S.O.)	Nella Parte I– (Industrie Di Prima Classe), lettera B (prodotti e materiali) dell'allegato, vengono comprese la produzione delle ferro-leghe, degli altri metalli, e le lavorazioni come tranciatura, forgiatura, fonderia di rottami di recupero Nella Parte II – (industrie di Seconda Classe), lettera C (Attività Industriali) dell'allegato, vengono comprese alla voce 6. le Fonderie di seconda fusione
D.M. (Ambiente) 7 febbraio 1995	Modalità e contenuti delle domande di concessione e/o di autorizzazione all'installazione di impianti di lavorazione o di deposito di oli minerali (G.U. n. 56 dell'8 marzo 1995)	-

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.M 21 dicembre 1995	Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali (G.U. n. 5dell'8 gennaio 1996)	-
D. Lgsl. 4 agosto 1999, n.351	Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria (G.U. n. 241 del 13-10-1999)	-
D.M. (Ambiente) 25 febbraio 2000, n. 124	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del d.p.r. 24 maggio 1998 n. 203 e dell'art. 18, comma 2, lettera a), del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 114 del 18 maggio 2000).	-
D. M. 25 agosto 2000	Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203. (G.U. n. 223 del 23 settembre 2000, S.O.)	-
Decisione del consiglio del 4 aprile 2001	Approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico trans-frontaliero a grande distanza relativo ai metalli pesanti (2001/379/CE) (GUCE n. L 134/41 del 17/15/2001)	Le parti contraenti il protocollo devono applicare le migliori tecniche disponibili (indicate nell'allegato III) agli impianti rientranti nelle categorie di "grandi fonti fisse", elencate in allegato II, entro determinate scadenze. Rientrano nell'allegato II, e quindi nelle suddette categorie di "grandi fonti fisse", i seguenti impianti: ▪ Fonderie di metalli ferrosi con capacità superiore alle 20 tonnellate al giorno ▪ Impianti di fusione (affinazione, formatura in fonderia, ecc.), compreso l'amalgama, di rame, piombo, zinco, compresi i prodotti di recupero, con capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo o a 20 tonnellate al giorno per rame e zinco.
D.M. (Ambiente) 4 giugno 2001	Programmi di rilievo nazionale per la riduzione delle emissioni di gas serra, in attuazione dell'art. 3 del decreto ministeriale 20 luglio 2000, n. 337 (G.U. n. 205 del 4 settembre 2001)	-
D.M. (Ambiente) 7 settembre 2001	Recepimento della direttiva 99/32/CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo in alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 279 del 29 novembre 1995)	-

Inquinamento atmosferico e contenimento delle emissioni inquinanti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.P.R. 26 ottobre 2001, n. 416	Regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto, ai sensi dell'articolo 17, comma 29, della legge n. 449 del 1997 (G.U. n. 277 del 28 novembre 2001)	-
DPCM 8 marzo 2002	Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 60, 12 marzo 2002, Serie Generale)	-
D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Recepimento della direttiva 1999/ 30/ CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/ 69/ CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (S.O. 77/ L alla G.U. n. 87 del 13 aprile 2002)	-

Inquinamento Idrico		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.lgs. 11 maggio 1999, n. 152	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (G.U. n. 124 del 29 maggio 1999, S.O.).	-

Inquinamento Idrico		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152	"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/ 271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/ 676/ CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto 18 agosto 2000, n. 258 (S.O. 172/ L alla G.U. n. 246 del 20 ottobre 2000)	-
D.M. 12 giugno 2003 n.185	Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 (G.U. n. 169 del 23 luglio 2003)	-
Decreto 6 novembre 2003, n.367	Regolamento concernente la fissazione di standard di qualita' nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. (GU n. 5 del 8-1-2004)	-

Approvvigionamento di acqua al di fuori dei pubblici servizi		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto Lgs. 12 luglio 1993 n.275	Riordino in materia di concessione di acque pubbliche (G.U. n. 182 del 5 agosto 1993).	-
Legge 5 gennaio 1994, n.36	Disposizioni in materia di risorse idriche (G.U. n. 24 del 19 gennaio 1994).	-
D.P.R. 18 febbraio 1999, n. 238	Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della L. 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche (G.U. n. 173 del 26 luglio 1999).	-

Valutazione Impatto Ambientale (V.I.A.)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Direttiva 337/85/CEE	Direttiva del Consiglio concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (G.U.C.E. n. L 175 del 5 luglio 1985)	Gli stabilimenti siderurgici, comprese le fonderie, gli impianti di arrostimento e sinterizzazione di minerali metallici e gli impianti di produzione, compresa la fusione, affinazione, filatura e laminatura di metalli non ferrosi, salvo i metalli preziosi, sono inclusi nell'allegato 2 della Direttiva e quindi tra i progetti che formano oggetto di una Valutazione di Impatto Ambientale, quando gli Stati membri ritengono che le loro caratteristiche lo richiedano.
LEGGE 8 luglio 1986, n. 349	Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 162, 15 luglio 1986, S. O.)	Nell'articolo 6, comma 2 si dichiara che, in attesa dell'attuazione legislativa delle direttive comunitarie in materia di impatto ambientale, le norme tecniche e le categorie di opere in grado di produrre rilevanti modificazioni dell'ambiente sono individuate conformemente alla direttiva del Consiglio delle Comunità europee n. 85/337 del 27 giugno 1985.
DPCM 377 del 10 agosto 1988	Regolamentazione delle pronunce di compatibilità ambientale di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, recante istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale (G.U. n. 204 del 31 agosto 1988).	Recepisce solo parzialmente la direttiva 337/85 poiché considera solo gli impianti dell'allegato I alla direttiva 337/85/CEE.
D.P.C.M. 27 dicembre 1988	Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377 (G.U. n. 4 del 5 gennaio 1989).	-
D.P.R. 12 aprile 1996	Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale (G.U. n. 210 del 7 settembre 1996)	Le fonderie di metalli ferrosi con una capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno, gli impianti di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia) con una capacità di fusione superiore a 10 tonnellate per il piombo e il cadmio o a 50 tonnellate per tutti gli altri metalli al giorno sono tutti inseriti nell'allegato B. Sono pertanto assoggettati alla procedura di valutazione d'impatto ambientale i progetti di cui all'allegato B che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394. Per i progetti elencati nell'allegato B, che non ricadono in aree naturali protette, l'autorità competente verifica, secondo le modalità di cui all'art.10 e sulla base degli elementi indicati nell'allegato d, se le caratteristiche del progetto richiedono lo svolgimento della procedura di valutazione d'impatto ambientale.
D.P.R. 11 febbraio 1998	Disposizioni integrative al D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377, in materia di disciplina delle pronunce di compatibilità ambientale, di cui alla L. 8 luglio 1986, n. 349, art. 6 (G.U. n. 72 del 27 marzo 1998)	-

Valutazione Impatto Ambientale (V.I.A.)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.P.R. 2 settembre 1999, n. 348	Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere (G.U. n. 240 del 12 ottobre 1999)	-
D.P.C.M. 3 settembre 1999	Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale (G.U. n. 302 del 27 dicembre 1999)	-
D.P.C.M 1 settembre 2000	Modificazioni ed integrazioni del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 settembre 1999, per l'attuazione dell'articolo 40, primo comma, della legge 22 febbraio 1994, n.146, in materia di valutazione di impatto ambientale	-

Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Dir. 96/61/CE (IPPC)	Direttiva 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (GUCE n. L 257 del 10/10/1996)	Nella direttiva compaiono le seguenti attività: ▪ Impianti di fusione e di lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia) con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli (punto 2.5 b).
D. lgs 4 agosto 1999, n. 372	Attuazione della direttiva 96/ 61/ CE relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento – IPPC (G.U. n. 252 del 26 ottobre 1999)	Come nella direttiva IPPC, nel presente decreto compaiono le seguenti attività: ▪ Impianti di fusione e di lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia) con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli (punto 2.5 b). La norma si applica ai soli impianti esistenti (art. 1, comma 2), dato il recepimento incompleto della direttiva 96/61/CE.

Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC)		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decisione 2000/ 479/ CE del 17 luglio 2000 della Commissione	Attuazione del Registro europeo delle emissioni inquinanti (EPER) ai sensi dell'art. 15 della direttiva 96/ 61/ CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (G.U.C.E. L 192 del 28 luglio 2000)	All'industria della produzione dei materiali non ferrosi è assegnato il codice NOSE-P 105.12 'Processi caratteristici nella fabbricazione di metalli e prodotti metallici (Industria metallurgica)', che corrisponde al codice SNAP2 0403.
D.M. (ambiente) 23 novembre 2001	Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 (realizzazione dell'Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti (INES) (S.O. 29 alla G.U. n. 37 del 13 febbraio 2002)	-
D.M. (ambiente) 26 aprile 2002	Modifiche al decreto ministeriale 23 novembre 2001 in materia di dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art.10 del decreto legislativo n. 372 del 1999 (G.U. n. 126 del 31 maggio 2002)	In base al DM, i gestori dei complessi IPPC comunicano annualmente all'APAT (ex ANPA) e alle autorità competenti, dati qualitativi e quantitativi di un elenco definito di inquinanti presenti nei reflui gassosi ed acquosi dei loro impianti. La comunicazione è dovuta solo nel caso in cui il livello dei citati inquinanti superi i valori indicati in apposite tabelle allegate al decreto (Tabella 1.6.2. e 1.6.3).
Legge n. 39 del 1 marzo 2002	Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europea (S. O. n. 54 alla Gazzetta Ufficiale n. 72 del 26 marzo 2002)	-
DECRETO 19 novembre 2002	Istituzione della commissione di cui all'art. 3, comma 2, ultimo periodo, del decreto legislativo n. 372/1999. (GU n. 302 del 27 dicembre 2002)	-
Decreto-Legge 24 dicembre 2003, n.355	Proroga di termini previsti da disposizioni legislative (G.U. n. 300 del 29-12-2003)	Il termine di cui all'articolo 4, comma 14, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, e' prorogato al 30 ottobre 2005.

Inquinamento acustico e controllo delle emissioni sonore da impianti a ciclo continuo		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.P.C.M. 1° marzo 1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991).	-
L. 26 ottobre 1995, n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 11 dicembre 1996	Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo (G.U. n. 52 del 4 marzo 1997)	-
D.P.C.M. 14 novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U. n. 280 del 1° dicembre 1997)	-
D.M (Ambiente) 16 Marzo 1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acu-stico (G.U. n. 76 del 1° aprile 1998)	-
Direttiva 2002/49/CE	Relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.C.E. L 189 del 18 luglio 2002)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Delibera comitato interministeriale 27 giugno 1984	Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del D.P.R. 10 settembre 1982, n. 985, concernente lo smaltimento dei rifiuti (G.U. n. 253 del 13 settembre 1984, S.O.)	-
D.l. 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla L. 9 novembre 1988, n. 475	Disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali (G.U. n. 213 del 10 settembre 1988; G.U. n. 264 del 10 novembre 1988)	-
D.M. (Ambiente) 26 aprile 1989	Istituzione del catasto nazionale dei rifiuti speciali (G.U. n. 135 del 12 giugno 1989)	-
D.M. (Ambiente) 29 maggio 1991	Indirizzi generali per la regolamentazione della raccolta differenziata dei rifiuti solidi (G.U. n. 136 del 12 giugno 1991)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Direttiva 91/156/CEE del 18 marzo 1991	Modifica la direttiva 75/ 442/ CEE relativa ai rifiuti (G.U.C.E. L 78 del 26 marzo 1991)	-
D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95	Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 87/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.).	-
Reg. CEE 1 febbraio 1993, n. 259	Regolamento del Consiglio relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità Europea nonché in entrata e in uscita dal suo territorio (G.U. C.E. n. L 30 del 6 febbraio 1993)	-
L. 25 gennaio 1994, n. 70	Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale (G.U.n. 24 del 31 gennaio 1994)	-
Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230	Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti	L'art.157 (sorveglianza radiometrica su materiali), prevede che i soggetti che compiono, a scopo industriale, operazioni di fusione di rottami o di altri materiali metallici di risulta, effettuino sugli stessi, una sorveglianza radiometrica al fine di rilevare la presenza di eventuali sorgenti dismesse. Lo stesso articolo, al comma 3, demanda ad un apposito decreto sia la definizione delle condizioni di applicazione dell'art.157, sia le eventuali esenzioni. Il citato previsto decreto non è ancora stato emanato.
D.M. (Industria) 16 maggio 1996, n.392	Regolamento recante norme tecniche relative all'eliminazione degli olii usati (G.U.n. 173 del 25 luglio 1996)	-
D.M. (Ambiente) 18 luglio 1996	Ammontare dell'imposta unitaria dovuta per i rifiuti dei settori minerario, estrattivo, edilizio, lapideo e metallurgico smaltiti in discarica (G.U. n. 250 del 24 ottobre 1996)	-
D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).	Il decreto riporta in allegato A il Catalogo Europeo dei Rifiuti (che coincide con l'allegato alla decisione 94/3/CE), annoverando nella categoria "Rifiuti inorganici provenienti da processi termici" (codice 10 00 00) i "Rifiuti della fusione dei metalli ferrosi" (codice 10 09 00), i "Rifiuti della fusione dei metalli non ferrosi" (codice 10 10 00). Tale allegato è stato sostituito dal nuovo CER (decisione CE 3 maggio 2000, n. 5329.

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D. Lgs. 8 novembre 1997, n. 389	Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, in materia di rifiuti, di rifiuti pericolosi, di imballaggi e di rifiuti di imballaggio	-
D.M. (Ambiente-Industria) 29 ottobre 1997	Approvazione dello statuto del Consorzio nazionale imballaggi (CONAI) (non pubblicato sulla G.U.)	-
D.M. (Ambiente) 5 febbraio 1998	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 88 del 16 aprile 1998, S.O.)	Nell'allegato I le industrie metallurgiche sono elencate tra le attività di recupero di numerose categorie di rifiuti non pericolosi (allegato I), tra cui rifiuti di ferro, acciaio e ghisa, rifiuti di metalli non ferrosi e loro leghe, ecc. Nello stesso allegato I sono forniti anche i valori limite e le e prescrizioni per le emissioni convogliate in atmosfera delle attività di recupero dai rifiuti non pericolosi.
D.M. (Ambiente) 11 marzo 1998, n. 141	Regolamento recante norme per lo smaltimento in discarica dei rifiuti e per la catalogazione dei rifiuti pericolosi smaltiti in discarica (G.U. n. 108 del 12 maggio 1998)	Il decreto regolamenta anche lo smaltimento dei rifiuti pericolosi, compresi quelli riportati nell'allegato D del D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22.
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 145	Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 109 del 13 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 148	Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 110 del 14 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 4 agosto 1998, n. 372	Regolamento recante norme sulla riorganizzazione del catasto dei rifiuti (G.U. n. 252 del 28 ottobre 1998, s.o.)	-
L. 9 dicembre 1998, n. 426	Nuovi interventi in campo ambientale (G.U. n. 291 del 14 dicembre 1998, S.O.)	-
Dir. CE 26 aprile 1999, n. 31	Discariche di rifiuti (G.U.C.E. n. L 182 del 16 luglio 1999)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.M. (Ambiente) 25 febbraio 2000, n. 124	Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994 e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n.203 e dell'articolo 18, comma 2, lettera a) del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22. (G.U. 18 maggio 2000, n. 114).	-
D.M. (Ambiente) 18 aprile 2000, n. 309	Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Osservatorio nazionale sui rifiuti, di cui all'articolo 26, comma 4, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 254 del 30 ottobre 2000)	-
Decisione CE 3 maggio 2000, n. 532	Decisione della Commissione che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi (G.U.C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000)	Nel nuovo C.E.R. (Catalogo Europeo dei Rifiuti) sono state introdotte modifiche ed integrazioni ai codici dei rifiuti prodotti dalle attività di cui alle voci 10.09 (Rifiuti della fusione di materiali ferrosi) e 10.10 (Rifiuti della fusione di materiali non ferrosi) Alcune tipologie di rifiuto, sono identificate da una "voce a specchio"; la attribuzione del codice spetta al produttore/detentore sulla base dei criteri definiti in allegato alla decisione stessa.
Decreto legislativo 26 maggio 2000, n.241	Attuazione della direttiva EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti da radiazioni ionizzanti (G.U. 31 agosto 2000, n.203)	-
Direttiva 9 aprile 2002 del Ministro dell'Ambiente	Indicazioni per la corretta e piena applicazione del Regolamento Comunitario n. 2557/ 2001 sulle spedizioni di rifiuti ed in relazione al nuovo elenco dei rifiuti (S.O. 102 alla G.U. n. 108 del 10 maggio 2002)	-

Rifiuti		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto ministeriale 12 giugno 2002, n. 161	Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate (G.U. n. 177 del 30 luglio 2002)	-
Legge 8 agosto 2002, n. 178	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2002, n. 138, recante interventi urgenti in materia tributaria, di privatizzazioni, di contenimento della spesa farmaceutica e per il sostegno dell'economia anche nelle aree svantaggiate. (S.O. alla G.U. n. 187 del 10 agosto 2002)	L'art. 14 del provvedimento fornisce "interpretazione autentica della definizione di *rifiuto* di cui all'articolo 6, comma 1, lettera a), del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 ".

Sostanze pericolose: norme generali		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto del Ministero della sanità 23 febbraio 1988, n.84	Etichettatura speciale da applicare su sostanze e preparati pericolosi (G.U. 21 marzo 1988, n.67)	-
Decreto Leg. 3 febbraio 1997, n.52	Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose (G.U. 11 marzo 1997, n.58)	-
Decreto del Ministero della sanità 4 aprilie 1997	Attuazione dell'art. 25, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose, relativamente alla scheda informativa in materia di sicurezza (G.U. n. 60 del 13 marzo 1997)	-

Sostanze pericolose: norme generali		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto Leg. 16 luglio 1998 n.285	Attuazione di direttive comunitarie in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi, a norma dell'articolo 38, della legge 24 aprile 1998, n. 128 (G.U. n. 191 del 18 agosto 1998)	-
Decreto del Ministero della sanità, 11 aprile 2001	Recepimento della direttiva 2000/33/CE recante ventisettesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (G.U. 26 luglio 2001, n.203)	-

Sostanze pericolose: amianto		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Ordinanza del Ministero della sanità 26 giugno 1986	Restrizione all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono. Divieto di uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono (G.U. 9 luglio 1986, n.157)	-
Decreto Legislativo del Governo n. 277 del 15 agosto 1991	Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/447/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 legge 30/7/1990, n. 212. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 200 del 27/08/1991)	-
Legge ordinaria del Parlamento n. 257 del 27 marzo 1992	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 87 del 13/04/1992)	-
D. M. (Sanità) del 06 settembre 1994	Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 220 del 20/09/1994)	-

Sostanze pericolose: amianto		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto Leg. 17 marzo 1995, n.114	Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto (G.U. 20 aprile 1995, n.92)	-
D. M. (Sanità) del 14 maggio 1996	Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n. 251 del 25/10/1996)	-
D. M. (Sanità) del 25 luglio 2001	Rettifica al decreto 20 agosto 1999, concernente "Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto". (Gazzetta Ufficiale n. 261 del 9/11/2001)	-
Decreto del presidente del consiglio dei ministri del 10 dicembre 2002, n. 308	Regolamento per la determinazione del modello e delle modalita' di tenuta del registro dei casi di mesotelioma asbesto correlati ai sensi dell'articolo 36, comma 3, del decreto legislativo n. 277 del 1991. (Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7/2/2003)	-
D. M. (Ambiente) del 18 marzo 2003, n. 101	Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93. (Gazzetta Ufficiale n. 106 del 9/5/2003)	-

Sostanze pericolose: PCB		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988	Attuazione della direttiva CEE n.85/467 recante la sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n.76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art 15 della legge 16 aprile 1987, n.183 (G.U. n. 143 del 20 giugno 1988)	-
Decreto del Ministero dell'ambiente 11 febbraio 1989	Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denuncie delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB (G.U. n. 49 del 28 febbraio 1989)	-
Decreto del Ministero dell'ambiente 17 gennaio 1992	Modalità di etichettatura degli apparecchi e impianti contenenti policlorobifenili (PCB) e policlorotrifenili (PCT) (G.U. n. 30 del 6 febbraio 1992)	-
Decreto del Ministero della sanità 29 luglio 1994	Attuazione della direttiva CEE n.89/467, 91/173, 91/338 e 91/339 recanti, rispettivamente, l'ottava, la nona, la decima e l'undicesima modifica della direttiva CEE n.76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 27 della legge 22 aprile 1994, n.146 (G.U. n. 214 del 13 settembre 1994)	-
D. Lgs. 22 maggio 1999, n.209	Attuazione della direttiva 96/59/CE relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili (G.U. n. 151 del 30 giugno 1999)	-

Sostanze pericolose: PCB

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi
D.l. 30 dicembre 1999, n. 500, convertito, con modificazioni, dalla L. 25 febbraio 2000, n. 33	Disposizioni urgenti concernenti la proroga dei termini per lo smaltimento in discarica di rifiuti e per le comunicazioni relative ai PCB, nonché l'immediata utilizzazione di risorse finanziarie necessarie per l'attivazione del protocollo di Kyoto (G.U. n. 48 del 28 febbraio 2000)	-
D.M. (Ambiente) 11 ottobre 2001	Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)	-

Energia e uso di combustibili

Riferimento normativo	Oggetto	Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi
Legge 9 gennaio 1991, n. 10	Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia. (G.U. n. 13 del 16 gennaio 1991)	-
D.lgs. 27 gennaio 1992, n. 95	Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 7/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992, S.O.).	-
Circolare del Ministero dell'Industria 2 marzo 1992, n. 219/F	Art. 19 della legge n. 10/91. Obbligo di nomina e comunicazione annuale del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. (G.U. n. 57 del 9 marzo 1992)	-
D.M. (Ambiente) 17 febbraio 1993	Modalità e termini di accertamento, riscossione e versamento del contributo dovuto alle imprese partecipanti al Consorzio obbligatorio degli oli usati (G.U. n. 64 del 18 marzo 1993)	-

Energia e uso di combustibili		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.M. (Industria) 16 maggio 1996, n. 392	Regolamento recante norme tecniche relative alla eliminazione degli oli usati (G.U. n. 173 del 25 luglio 1996)	-
L. 11 novembre 1996, n. 575	Sanatoria degli effetti della mancata conversione dei decreti-legge in materia di recupero dei rifiuti (G.U. n. 265 del 12 novembre 1996)	-
D. lgs. 5 febbraio 1997, n. 22	Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 145	Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18 comma 2, lettera e), e comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 109 del 13 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente) 1° aprile 1998, n. 148	Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (G.U. n. 110 del 14 maggio 1998)	-
D.M. (Ambiente-Industria) 15 luglio 1998	Approvazione dello statuto del "Consorzio obbligatorio nazionale di raccolta e trattamento degli oli e dei grassi vegetali ed animali, esausti" (G.U. n. 187 del 12 agosto 1998, S.O.)	-
D.P.C.M. 7 settembre 2001, n. 395	Recepimento della direttiva 99/ 32/ CE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi (G.U. n. 255 del 2 novembre 2001)	-

Energia e uso di combustibili		
Riferimento normativo	**Oggetto**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
Legge 27 febbraio 2002, n. 16	Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 28 dicembre 2001 n. 452 recante disposizioni urgenti in tema di accise, di gasolio per autotrazione, di smaltimento di oli usati, di gioco e scommesse, nonché sui rimborsi IVA (CDR). (G.U. n. 63 del 15 marzo 2002)	-
D.P.C.M. 8 marzo 2002	Disciplina delle carat-teristiche merceologiche dei combustibili aventi rile-vanza ai fini dell'inquina-mento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione (G.U. n. 154 del 3 luglio 2002)	-
L. 6 maggio 2002 n. 82	Conversione in legge del d.l. 7 marzo 2002, n. 22 recante "Disposizioni ur-genti per l'individuazione della disciplina relativa all'utilizzazione del coke da petrolio (pet-coke) negli impianti di combustione" (G.U. n. 105 del 7 maggio 2002)	-
DISEGNO DI LEGGE n. 1753 approvato il 14 maggio 2003 dal Senato e trasmesso alla Camera dei Deputati per la definitiva approvazione	Delega al Governo per il riordino, il coordinamento e l'integrazione della legislazione in materia ambientale e misure di diretta applicazione.	-

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175	Attuazione della direttiva CEE n. 82/501, relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183 (G.U. n. 127 del 1°giugno 1988).	-
D.P.C.M. 31 marzo 1989	Applicazione dell'art.12 del D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali (G.U. n. 93 del 21 aprile 1989, S.O.).	-
D.M. (Ambiente) 20 maggio 1991	Modificazioni e integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n.175, in recepimento della direttiva CEE n.88/610 che modifica la direttiva CEE n.82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali (G.U. n. 126 del 2 maggio 1996)	-
D.M. (Ambiente) 1 febbraio 1996	Modificazioni e integrazioni al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 marzo 1989 recante: "Applicazione dell'art.12 del D.P.R. 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali" (G.U. n. 52 del 2 marzo 1996)	-
D.P.R. 12 gennaio 1998, n. 37	Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59 (G.U. n° 57 del 10/03/1998)	-
Circolare del Ministero dell'ambiente 3 settembre 1998	Modalità con le quali i fabbricanti per le attività a rischio di incidente rilevante devono procedere all'informazione, all'addestramento e all'equipaggiamento di coloro che lavorano *in situ* (G.U. 26 maggio 1997, n.74)	-

Danno ambientale e rischi di incidenti rilevanti		
Riferimento normativo	**Descrizione**	**Riferimenti alle fonderie di metalli non ferrosi**
D.M. (Interno) 30 aprile 1998	Modificazioni al decreto ministeriale 2 agosto 1984 recante: "Norme e specificazioni per la formulazione del rapporto di sicurezza ai fini della prevenzione incendi nelle attività a rischio di incidenti rilevanti di cui al decreto ministeriale 16 novembre 1983" (G.U. n. 114 del 19 maggio 1998)	-
D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334	Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 228 del 28 settembre 1999, S.O.)	-
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000 (G.U. n. 195 del 22 agosto 2000)	Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza (G.U. n. 195 del 22 agosto 2000)	-
D.M. (Ambiente) 9 agosto 2000 (G.U. n. 196 del 23 agosto 2000)	Individuazione delle modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio (G.U. n. 196 del 23 agosto 2000)	-
D.M. (Interno) 19 marzo 2001	Procedure di prevenzione incendi relative ad attività a rischio di incidente rilevante (G.U. n. 80 del 5 aprile 2001)	-
D.M. (Ambiente) 16 maggio 2001, n. 293	Regolamento di attuazione della direttiva 96/82/CE, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose (G.U. n. 165 del 18 luglio 2001)	-

C. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

La struttura produttiva

L'industria italiana di fonderia è costituita da 1.176 imprese (237 Fonderie di ghisa, 17 di precisione, 27 di acciaio, 895 di metalli non ferrosi), occupa 39.000 addetti, realizza una produzione di 2.441.966 tonnellate (dato del 2002), a fronte di una capacità del sistema stimata in 3.095.000 tonnellate.
Il fatturato globale è valutato in circa 9 miliardi di euro. Per completezza d'informazione in questo capitolo verranno fornite indicazioni comuni ai due principali ambiti del comparto fonderie, quello dei metalli ferrosi e quello dei metalli non ferrosi, mentre nel resto del documento si farà riferimento esclusivamente alla categoria IPPC 2.5 lettera b, vale a dire le fonderie di metalli non ferrosi

La fonderia di metalli ferrosi è stata oggetto, nel corso degli ultimi venti anni, di un processo di ristrutturazione che ha determinato una consistente riduzione della base produttiva.
In particolare tra il 1980 e il 2002 il numero complessivo delle imprese è passato da 694 agli attuali 281 con un tasso di riduzione pari al 59% (-413 unità).
I dati degli ultimi anni indicano una nuova accelerazione della crisi congiunturale del settore che ha accentuato la situazione di sofferenza di una parte consistente del sistema produttivo.
Le principali difficoltà hanno riguardato, fino ad oggi, imprese specializzate in produzioni non più richieste dal mercato o realizzate più convenientemente in altri Paesi (lingottiere, getti per valvole, contrappesi, ecc.), imprese obsolete o localizzate all'interno di aree urbane, che gli imprenditori non hanno avuto le risorse necessarie per ricollocare in aree industriali adeguate.
A questi problemi si aggiunge la perdita di competitività nei confronti dei concorrenti esteri, determinata anche dal gap dimensionale nei confronti degli altri concorrenti europei.
La dimensione media delle fonderie di metalli ferrosi, pur essendo passata dai 58 addetti del 1990 ai 74 del 2002, permane al di sotto dei valori di Francia (152 addetti), Germania (155) e Gran Bretagna (88).

Nell'ambito delle fonderie di metalli non ferrosi la frammentazione appare ancora più accentuata. In particolare a fine 2002 la dimensione media in Italia era di 21 addetti, in Francia di 59 e in Germania di 83 addetti.
Sempre nell'ambito delle Fonderie di metalli non ferrosi, emerge la differenza esistente tra quelle che operano come una divisione autonoma di un'impresa verticalmente integrata (Fonderie captive) e quelle che svolgono come unica attività produttiva dell'impresa quella della produzione di getti (Fonderie pure).
Il primo tipo presenta caratteristiche e problemi diversi rispetto al secondo, sia dal punto di vista delle dimensioni produttive, che degli aspetti occupazionali e della tipologia di produzioni realizzate.
Nei reparti delle Fonderie integrate in grandi imprese vengono realizzate in genere produzioni di grande serie con impianti dedicati, mentre le Fonderie pure hanno dovuto specializzarsi in produzioni di getti di serie più limitate, ed adottare attrezzature più

flessibili in grado di consentire all'impresa di diversificare la produzione e di essere presente in più mercati. La maggioranza delle aziende italiane di metalli non ferrosi, ma anche di metalli ferrosi, è costituita da Fonderie del secondo tipo, appartenenti alla categoria delle piccole e piccolissime imprese.
Un'altra peculiarità della struttura dell'offerta delle imprese di Fonderia italiane deriva dalla collocazione geografica della produzione. I produttori non sono uniformemente distribuiti sul mercato geografico di riferimento, ma si concentrano principalmente in alcune regioni settentrionali, in particolare Lombardia, Emilia Romagna e Veneto, ove sono ubicate anche le maggiori imprese committenti. Anche in questo comparto la vicinanza ai clienti rappresenta infatti un fattore decisivo per la competitività dell'impresa.
Occorre considerare che la presenza di una particolare realtà produttiva in una determinata zona può essere uno dei fattori determinanti per la nascita di nuove imprese operanti nello stesso settore. Un tipico caso, nell'ambito delle Fonderie di metalli non ferrosi, è rappresentato dalla provincia di Brescia che annovera oltre 300 aziende che impiegano la tecnologia della pressocolata.

La produzione

Con riferimento agli ultimi dati di produzione disponibili (anno 2002), l'Italia produce 1.386.345 tonnellate di getti di ghisa, 74.521 tonnellate di getti di acciaio, 1.400 tonnellate di getti microfusi realizzati con la tecnologia della cera persa e 979.700 tonnellate di getti non ferrosi, di cui 777.000 tonnellate di alluminio con un incremento del 3.5% rispetto all'anno precedente.
Tra le tecniche di colata quella a pressione ha rappresentato il 58,5% dei getti prodotti, quella in conchiglia il 35% ed in sabbia il rimanente 6,5%.
Negli usi finali il settore dei trasporti perde peso scendendo al 55% degli impieghi totali dei getti con 427.400 t, in leggero aumento rispetto all'anno precedente. Nonostante il calo della produzione nazionale di autovetture, il settore ha potuto mantenere un discreto livello produttivo grazie alla maggiore domanda di getti dei costruttori esteri, tedeschi e francesi. L'uso in edilizia e nelle costruzioni ha invece registrato una lieve flessione; i getti per questo settore, che comunque rappresenta il 18% del mercato totale, sono scesi a 139.900 t principalmente a causa della battuta d'arresto nella produzione di radiatori per uso domestico. La meccanica generale è cresciuta sensibilmente utilizzando 73.800 t, che rappresentano il 9,5% dei getti. Il settore elettromeccanico, in sostanziale stabilità, rappresenta il 9% degli usi per 69.900 t. Infine il settore degli elettrodomestici e delle macchine per ufficio ha registrato un incremento assorbendo 66.000 t di getti, che rappresentano l'8,5% del mercato totale.
I getti di leghe di rame prodotti nel 2002 ammontano a 110.000 t, in calo del 3,9% rispetto all'anno precedente. Due i motivi principali di questo risultato negativo: l'andamento stagnante del settore delle costruzioni ma, ancora più grave, la forte concorrenza dei produttori dell'estremo oriente, cinesi in testa, sul mercato del valvolame e della rubinetteria. Anche per i getti di zinco il 2002 è stato un anno negativo. La produzione di 79.600 t è in calo dell'8% sull'anno precedente. Come per i getti di rame le motivazioni di questa contrazione si devono all'esasperata concorrenza dei paesi emergenti, anche qui prevalentemente della Cina, e dell'est europeo, soprattutto nei mercati della rubinetteria, del manigliame e dei casalinghi. Stabile il

fabbisogno dell'industria dei mezzi di trasporto nonostante le sostituzioni in alcune applicazioni con altri materiali concorrenti. Continua l'espansione delle applicazioni dei getti di magnesio ed altre leghe con una produzione di getti pari a 11.900 t.

Il confronto con gli altri Paesi europei conferma che, nonostante un recupero registrato nel corso degli ultimi 20 anni, la produzione media delle imprese italiane di metalli ferrosi rimane inferiore rispetto ai principali concorrenti esteri: l'Italia (quasi 5.000 tonnellate per impresa) è fortemente distaccata da Francia e Germania (oltre 13.000 tonnellate per impresa), mentre presenta una maggiore vicinanza a quella di Gran Bretagna e Spagna (circa 4.500 tonnellate per impresa).
I dati di produzione per addetto evidenziano come Francia e Germania si differenzino sostanzialmente dal resto dei Paesi europei con valori dell'ordine di 80 tonnellate/anno, e come l'Italia mantenga anche in questo caso una posizione intermedia, migliore di Spagna e Gran Bretagna.

Evoluzione del mercato

L'evoluzione di mercato di questi ultimi anni ha evidenziato modifiche rilevanti nei consumi dei settori utilizzatori.
La produzione di getti di ghisa per l'industria dei mezzi di trasporto è stata condizionata dalla crisi dell'auto, oltre che dalle preferenze per le leghe non ferrose. In termini quantitativi la produzione di getti destinati a tale settore ha perso circa il 23% rispetto alla punta massima raggiunta nell'anno 1997, e nel 2002 ha rappresentato il 32% della produzione totale di getti di ghisa.
Al contrario, le forniture all'industria meccanica hanno raggiunto un nuovo record proprio nel 2002 con 586.290 tonnellate. L'industria meccanica rappresenta così il primo committente delle Fonderie di ghisa italiane ed assorbe il 42% della produzione complessiva.
Merita infine una considerazione la ghisa sferoidale destinata all'industria meccanica e dei mezzi di trasporto che nel 2002 ha raggiunto un nuovo record (443.840 tonnellate), consentendo al comparto di ridurre il gap rispetto ai principali Paesi europei nella produzione di questo tipo di lega.
Nel comparto dei getti di acciaio, la produzione degli ultimi anni evidenzia due fenomeni, peraltro attesi: il calo delle produzioni di getti per valvole, ove le Fonderie italiane all'inizio degli anni novanta avevano indirizzato le specializzazioni; la crescita delle forniture all'industria della frantumazione, con una forte presenza sui mercati esteri.
Prosegue l'espansione della produzione di getti di metalli non ferrosi, anche se il ritmo di crescita degli ultimi anni appare più modesto rispetto al passato.
La crescita ha interessato in particolare i getti di alluminio e solo negli ultimi tempi di magnesio. Nel 2002 i getti di bronzo e delle altre leghe di rame hanno conseguito una crescita del 16,6% rispetto al 2001, mentre i getti di ottone e zinco hanno subito rispettivamente una flessione dell'1,3% e dell'8,2%.

L'impatto ambientale del Settore e lo sviluppo di Sistemi di Gestione Ambientale (SGA)

I principali aspetti ambientali delle attività produttive delle fonderie di metalli non ferrosi sono relativi alle emissioni in atmosfera, alla produzione di acque reflue e di rifiuti solidi.
Tra le varie fasi del ciclo produttivo, le più rilevanti, dal punto di vista dell'impatto ambientale, sono quelle della fusione e della formatura/colata.
Parallelamente allo sviluppo delle tecnologie, si è assistito, negli ultimi anni, ad una significativa crescita dello sviluppo di Sistemi di Gestione Ambientale che sempre più trovano applicazione nelle aziende, quale strumento gestionale in grado di controllare adeguatamente i vari aspetti ambientali delle attività produttive, contribuendo ad ottimizzare le prestazioni ambientali delle imprese del Settore.

Impatto della direttiva IPPC sul settore della Fonderia di metalli non ferrosi

Come visto in precedenza, il settore dell'industria di fonderia italiano è caratterizzato da un numero considerevole di imprese, la maggior parte delle quali di piccole dimensioni, in molti casi con un numero di addetti al di sotto delle 15 unità.
La direttiva IPPC ed il relativo decreto 372/99 di recepimento, delimitano il proprio campo di applicazione alle attività di rilevanza significativa, e cioè a quelle (punto 2.5 lettera b) allegato I) con livelli di produzione, più precisamente con livelli di capacità produttiva fusoria, superiore alle 4 tonnellate giorno per il piombo ed il cadmio, e 20 tonnellate giorno per tutti gli altri metalli non ferrosi.
I citati livelli di capacità produttiva sono riscontrabili nelle imprese di maggiori dimensioni; da una stima di Assofond, sul totale delle unità produttive presenti in Italia, solamente il 4-5 % ha le caratteristiche dimensionali tali da rientrare nel campo di applicazione delle norme citate.

Produzione di getti non ferrosi (tonnellate)								
Descrizione	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Getti di alluminio	441.400	418.900	501.100	598.500	623.000	730.000	751.000	777.000
di cui								
colati in sabbia	12.400	12.600	14.100	16.000	27.000	37.000	49.000	50.000
colati in conchiglia	165.000	160.000	182.000	216.500	222.000	262.000	266.000	272.000
colati a pressione	264.000	246.300	305.000	366.000	374.000	431.000	436.000	455.000
Getti di ottone	98.800	98.500	99.100	101.600	101.400	99.800	91.300	90.100
Getti di bronzo ed altre leghe di rame	29.500	26.100	25.800	25.600	23.100	23.900	23.200	19.900
Getti di zinco	79.500	84.500	90.800	97.800	86.100	95.600	86.700	79.600
Getti di magnesio ed altre leghe	3.500	4.500	5.600	6.300	7.600	9.800	7.800	13.100
TOTALE	652.700	632.500	722.400	829.800	841.200	959.100	960.000	979.700

Fonderie presenti al 31 dicembre (numero imprese)					
	FONDERIA DI				
Anni	**Ghisa**	**Acciaio**	**Microfusione**	**Non Ferrosi**	**TOTALE**
1980	601	76	17	-	694
1989	361	44	17	-	422
1990	353	42	17	-	412
1991	338	41	17	-	396
1992	323	40	17	-	380
1993	303	27	17	-	347
1994	293	26	17	-	336
1995	289	34	16	-	339
1996	276	32	17	-	325
1997	267	31	18	-	316
1998	262	30	18	-	310
1999	258	29	17	-	304
2000	252	28	17	900	1.197
2001	247	27	17	900	1.191
2002	237	27	17	895	1.176
Fonte: Assofond					

Produzione di getti ferrosi e non ferrosi (tonnellate)					
	GETTI DI				
Anni	**Ghisa**	**Acciaio**	**Microfusione**	**Non Ferrosi**	**TOTALE**
1980	1.799.801	140.067	-	-	1.939.868
1989	1.598.225	100.144	-	-	1.698.369
1990	1.406.407	93.360	-	-	1.499.767
1991	1.331.038	89.762	-	-	1.420.800
1992	1.291.664	79.991	-	-	1.371.655
1993	1.258.076	75.572	-	-	1.333.648
1994	1.378.613	83.257	1.464	-	1.463.334
1995	1.521.902	91.226	1.615	652.700	2.267.443
1996	1.404.389	84.261	1.491	632.500	2.122.641
1997	1.440.945	80.239	1.523	722.400	2.245.107
1998	1.431.334	77.088	1.510	829.800	2.339.732
1999	1.417.035	76.776	1.469	841.200	2.336.507
2000	1.438.197	78.006	1.518	959.100	2.476.821
2001	1.355.896	77.441	1.394	960.000	2.394.731
2002	1.386.345	74.521	1.400	979.700	2.441.966
Fonte: ISTAT – Assofond					

Addetti diretti della Fonderia di metalli ferrosi e non ferrosi					
Anni	Ghisa	Acciaio	Microfusione	Non Ferrosi	TOTALE
1980	31.807	6.875			38.682
1989	20.100	4.240			24.340
1990	19.700	4.150			23.850
1991	19.050	4.045			23.095
1992	18.400	3.850			22.250
1993	17.500	3.670			21.170
1994	17.950	3.670	800		22.420
1995	18.850	3.740	800		23.390
1996	18.100	3.550	800		22.450
1997	17.950	3.300	800		22.050
1998	18.150	3.100	800		22.050
1999	18.400	3.000	800		22.200
2000	18.360	2.940	800	18.600	22.100
2001	17.700	2.900	800	18.600	40.000
2002	17.000	2.830	800	18.600	39.230
Fonte Assofond					

Ubicazione territoriale delle Fonderie di metalli non ferrosi			
Anno 2002 - Numero di Fonderie Metalli non Ferrosi			
Regione	**Solo Al**	**Altre produzioni [1]**	**Totale**
Abruzzo	1	9	10
Basilicata	1	2	3
Calabria	2	3	5
Campania	8	2	10
Emilia Romagna	104	6	110
Friuli	8	3	11
Lazio	5	5	10
Liguria	1	2	3
Lombardia	404	40	444
Marche	32	3	35
Molise	1	2	3
Piemonte	75	11	86
Puglia	2	8	10
Sardegna	2	2	4
Sicilia	2	3	5
Toscana	28	3	31
Trentino	11	1	12
Umbria	5	2	7
Valle D'Aosta	1	2	3
Veneto	89	4	93
Totale	**782**	**113**	**895**

[1]) Per altre produzioni si intendono le produzioni di Mg, Ti, Zn e Cu, considerate a sé ovvero combinate con alluminio stesso

Ubicazione geografica delle Fonderie di metalli ferrosi - Anno 2002	
Regione	**N. Fonderie**
Piemonte	36
Lombardia	97
Veneto	42
Emilia Romagna	38
Toscana	12
Umbria	5
Marche	7
Campania	5
Puglia	5
Sicilia	2
Liguria	5
Valle d'Aosta	1
Friuli Venezia Giulia	16
Lazio	5
Abruzzo	2
Sardegna	1
Valle d'Aosta	1
Molise	1
Totale	281

D. DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, DEGLI EVENTUALI SOTTOPROCESSI E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Il processo produttivo in fonderia

Attraverso il processo produttivo della fonderia è possibile ottenere una serie di prodotti finiti, con caratteristiche fisiche, metallurgiche e dimensionali ben definite, colando direttamente il metallo allo stato liquido in opportune forme.

L'industria di fonderia si suddivide, in funzione del tipo di metallo prodotto, in fonderia di metalli ferrosi (ghisa e acciaio) e fonderia di metalli non ferrosi (alluminio, magnesio, rame, zinco, piombo, altre leghe non ferrose). Fra le fonderie di metalli non ferrosi vi sono, inoltre, quelle che producono le cosiddette superleghe (leghe base Ni, Co).

<table>
<tr><td rowspan="14">FONDERIE</td><td rowspan="4">Metalli FERROSI</td><td colspan="2">Ghisa grigia</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ghise duttili (GS, GM)(*)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Acciai</td><td>Basso legati</td></tr>
<tr><td>Alto legati</td></tr>
<tr><td rowspan="3">SUPERLEGHE
(leghe non ferrose alto fondenti)</td><td colspan="2">Base Ni</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Base Co</td><td>Con Fe</td></tr>
<tr><td>Senza Fe</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Metalli NON FERROSI</td><td colspan="2">Alluminio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Magnesio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Rame</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zinco</td></tr>
<tr><td colspan="2">Piombo</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cadmio</td></tr>
</table>

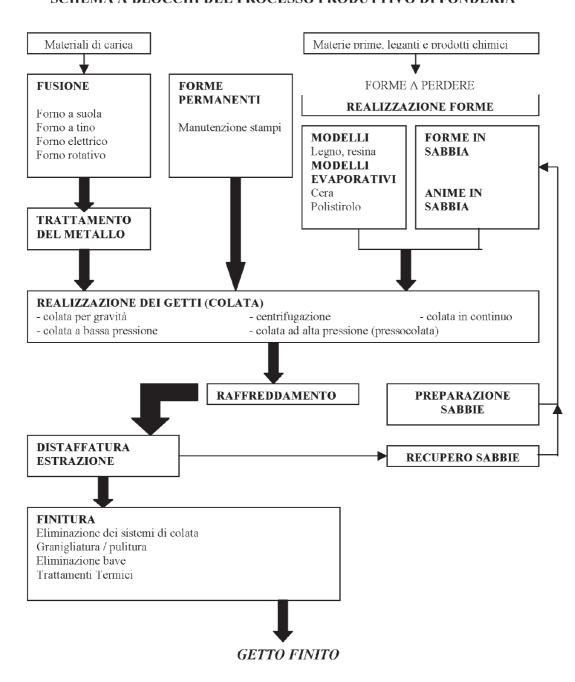
(*) GS = Ghisa sferoidale; GM = Ghisa malleabile

Il processo produttivo di una fonderia può essere diviso nelle seguenti fasi:

- fusione e trattamento del metallo;
- formatura e preparazione delle anime;
- colata del metallo nella forma e raffreddamento;
- distaffatura (o estrazione dei getti dalla forma);
- finitura del getto.

Oltre a tale classificazione, per tipo di lega prodotta, è possibile suddividere gli impianti produttivi in funzione del sistema di realizzazione della forma e di colata del metallo all'interno di essa.
Da questo punto di vista le fonderie si suddividono in fonderie con forma a perdere (ciascuna forma è utilizzata una sola volta e viene distrutta al momento dell'estrazione del getto) o con forme permanenti (la medesima forma viene utilizzata per produrre innumerevoli quantità di getti); la formatura con forme permanenti è ampiamente

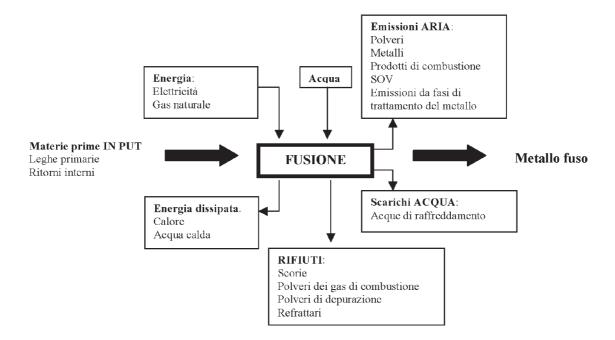
diffusa nel campo dei metalli non ferrosi (in particolare per la produzione di getti di alluminio), associata a tecniche di colata a pressione (alta pressione o bassa pressione).
Il tipo di lega da produrre ed il tipo di forma utilizzato condizionano le caratteristiche degli impianti e la scelta dei processi utilizzati.
Le scelte tecnico – impiantistiche sono, inoltre, condizionate dal tipo di mercato al quale la fonderia si rivolge, in particolare rispetto alle dimensioni dei getti da produrre e il relativo numero di pezzi (serie).

SCHEMA A BLOCCHI DEL PROCESSO PRODUTTIVO DI FONDERIA

Una parte rilevante della produzione di leghe non ferrose (in particolare nella produzione di alluminio) viene realizzata in forma permanente. Nella tabella seguente viene riportata la ripartizione percentuale delle tecniche di formatura per la produzione di getti di alluminio.

Ripartizione % delle differenti tecniche di produzione per getti di alluminio	
Tipo di formatura	**Quota %**
A pressione (pressocolata)	59
A bassa pressione e a gravità	30
In sabbia	9
Lost Foam (modelli evaporativi) e squeeze casting (tecnica di formatura per colata e successiva forgiatura)	2

Fusione e trattamento del metallo

La selezione del forno per l'operazione di fusione è legata strettamente al tipo di metallo che si vuole utilizzare. Nelle fonderie di metalli non ferrosi il tipo di forno utilizzato dipende sostanzialmente dalla dimensione della fonderia.
Spesso le piccole fonderie producono differenti leghe ed hanno una limitata capacità fusoria; la fusione è realizzata quindi con forni di piccola capacità, di tipo a crogiolo.
Nelle fonderie che utilizzano tecniche di produzione di getti mediante pressocolata, sovente il forno di fusione e di mantenimento della lega è integrato con la macchina di formatura.
Nel caso la fonderia necessiti di grandi capacità di fusione, o di una fusione centralizzata, vengono utilizzati forni ad induzione, forni a suola o a tino; successivamente il metallo viene distribuito ai forni di attesa o ai crogioli di colata.
Nella tabella seguente sono riportati i principali tipi di forni e le loro applicazioni. Nello schema a blocchi sono invece riassunti i principali impatti ambientali (in termini di consumi ed emissioni) del processo fusorio.

	Forno ad induzione a crogiolo	**Forno rotativo**	**Forno a suola**	**Forno a tino**	**Forno a crogiolo**
Alluminio	√	√	√	√	•
Magnesio					√ •
Rame	√ •		√		√ •
Piombo	√ •				√ •
Zinco	√ •				√ •
√ impiego fusorio • utilizzo per il mantenimento del metallo fuso					

Forno ad induzione a crogiolo

Questo tipo di forno è utilizzato per fondere metalli ferrosi e non. Il forno è rivestito internamente da materiale refrattario, che contiene al suo interno delle spire di rame raffreddate ad acqua, attraverso le quali passa la corrente. L'esterno del forno è racchiuso in un guscio di acciaio.
La frequenza della corrente che attraversa l'induttore di rame influenza la penetrazione della corrente stessa all'interno del materiale da fondere. Di conseguenza, la frequenza di funzionamento influenza anche la dimensione (capacità) del forno. Con frequenze di 50 Hz si hanno forni di una capacità non inferiore ai 750 Kg; con frequenze di 10 KHz la capacità dei forni non va oltre i 5 Kg.
I forni ad alta frequenza di piccola capacità vengono, di norma utilizzati nella fusione delle superleghe.
Le capacità dei forni ad induzione a crogiolo variano da 10 kg fino ad oltre 30 tonnellate
Questo tipo di forno è generalmente utilizzato sia per fondere il metallo che per mantenerlo alla temperatura desiderata. Per le fasi di solo mantenimento vengono utilizzati forni ad induzione a canale.

Vantaggi
- Alta flessibilità nella produzione di varie tipologie di leghe.
- Brevi tempi di fusione.
- Ridotto impatto ambientale.
- Buon controllo di processo con possibilità di automazione, e conseguente controllo ottimale delle temperature.
- Intensa agitazione del bagno con buona omogeneizzazione del metallo fuso.

- Semplicità delle operazioni di caricamento, campionamento e di scorifica.
- Possibilità di operare come forno di attesa, seppur con bassa efficienza.

Svantaggi

- Maggiori costi energetici rispetto a forni con combustibili fossili.
- Minore effetto di pulizia sul bagno dovuto al basso quantitativo di scorie e alla relativamente ridotta superficie di contatto fra metallo e scoria.
- Alti costi di investimento.
- Non adatti per alte produttività orarie.

Consumi e prestazioni ambientali

INGRESSO		**USCITA**	
Pani di lega primaria		Polveri	Bassa produzione: 0,05 – 0,10 kg/t [3]
Ritorni e recuperi interni		Scorie	n.d.
Energia elettrica	440 – 640 kWh/t[1]		
Acqua di raffreddamento	n.d. [2]		

1) Consumi specifici per tonnellata di metallo fuso.
2) L'acqua viene riciclata in ciclo chiuso o in un sistema evaporativo.
3) Valori riferiti a 1 tonnellata di metallo fuso.

Forno rotativo

Questa tipologia di forno consiste in un cilindro orizzontale, nel quale la carica metallica è fusa ad una estremità da un apposito bruciatore, mentre i gas di scarico lasciano il forno dalla estremità opposta. Durante il funzionamento, il forno ruota lentamente intorno al suo asse, in modo da permettere una omogenea distribuzione del calore al suo interno. Una volta che il metallo è stato fuso, si apre il foro di spillaggio, e il contenuto viene trasferito nelle siviere.
Il forno rotativo può essere utilizzato per fondere sia leghe di ghisa che di alluminio. É un forno che presenta bassi costi di investimento e una facile manutenzione; d'altra parte ha lo svantaggio di bruciare, durante il suo funzionamento, anche C, Si, Mn e S, e questi elementi alliganti devono essere aggiunti prima o dopo la fusione.

Vantaggi

- Veloci cambi di produzione di leghe.
- Fusione senza contaminazione della lega.
- Bassi costi di investimento.
- Ridotte produzioni di emissioni con riduzione del dimensionamento dei sistemi di depurazione.

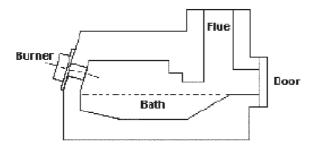
Svantaggi

- Maggiore ossidazione degli elementi di lega del bagno.

Consumi e prestazioni ambientali

INGRESSO		**USCITA**	
Pani di lega primaria		Polveri	medio basse
Ritorni e recuperi interni		No_x	n.d.
Combustibili (liquidi o gas)	Efficienza termica: 15-40%	SOV	n.d.
Ossigeno (1)	n.d.	Scorie	n.d.
(1) per bruciatori ossi-combustibile			

Forno a suola (forno a riverbero)

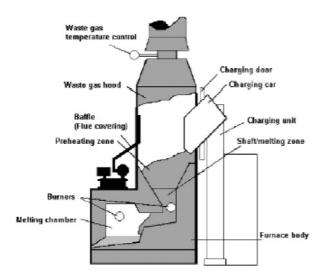
Questo forno è a riscaldamento diretto poiché l'aria calda e i gas di combustione sono diretti dal bruciatore sul metallo da fondere; i gas di scarico sono poi captati e convogliati all'esterno del forno attraverso una apposita canalizzazione.

Il forno può avere configurazioni diverse, a seconda del materiale che deve essere fuso e delle applicazioni a cui deve essere destinato. L'efficienza di fusione del forno, che non è molto elevata poiché il calore non viene trasferito per intero dal bruciatore al metallo, può tuttavia essere aumentata utilizzando un arricchimento di ossigeno.

Consumi e prestazioni ambientali

INGRESSO		**USCITA**	
Pani di lega primaria		Polveri	basse: < 1 kg/t (2)
Ritorni e recuperi interni		NO_x	1 – 6 kg/t (2) (3)
Combustibili (liquidi o gas)	Efficienza termica: 30-57%	TOC	< 1 kg/t (2)
Ossigeno (1)	n.d.	Scorie	n.d.
1) per bruciatori ossi-combustibile 2) valori per tonnellata di Al fuso 3) dipende dal tipo di bruciatore e dalle modalità operative			

Forni a tino

Questo forno è un semplice forno verticale, in cui il materiale è introdotto dall'alto ed è fuso nella parte bassa, da bruciatori usualmente alimentati a gas. Il forno è usato

soprattutto per l'alluminio. A causa delle difficoltà nella costruzione di tale forno, e nelle operazioni di manutenzione del materiale refrattario, il forno viene è utilizzato soprattutto per metalli a basso punto di fusione.
I moderni forni con sistemi di controllo computerizzato dei bruciatori, raggiungono consumi di energia di 650 kWh/t di alluminio fuso (a 720 °C), con una efficienza termica del 50%.

Vantaggi

- Ridotta quantità di gas in emissione.
- Attraverso il lungo preriscaldo, la carica viene essiccata prima dell'inizio della fusione. Ciò rende il forno ottimale per l'alluminio, in relazione alla riduzione del rischio di produzione di idrogeno al camino.
- Costi di investimento e di gestione relativamente contenuti in relazione all'efficace preriscaldo, al controllo automatico e alla durata del refrattario,
- Basso consumo di combustibile, eccellente controllo della temperatura e bassi cali di fusione.

Svantaggi

- Scarsa flessibilità per i cambi di lavorazione.

Consumi e prestazioni ambientali

INGRESSO		USCITA	
NB - valori relativi ad un forno da 3t/h, per produzione di Al. Tutti i valori sono riferiti alla produzione di 1 t di getti buoni, considerando una resa complessiva del 66.5%.			
Pani di lega primaria	1503 kg/t	Polveri [1]	< 1 kg/t [2]
Ritorni e recuperi interni		NO_x [1]	< 1 kg/t [2]
Combustibile (liquido – gas)	Gas naturale: 717 kWh/t	SOV[1]	0,12 kg/t[2]
	Efficienza termica: 30-57%	SO_2 [1]	0,04 kg/t[2]
Energia elettrica	172 kwh/t	CO [1]	≤1,5 kg/t[2]
		Metalli: Pb+Cr+Cu	≤0,5 kg/t[2]
		Cd+Hg	≤ 0,1 g/t [2]
		As+Ni	≤ 0,3 g/t [2]
		Scorie (con 35-40% di Al)	40,3 kg/t[2]
		Refrattari usati	0,3 kg/t[2]
[1] Valori senza depurazione delle emissioni [2] Valore riferito ad 1 tonnellata di getti buoni di alluminio prodotti			
Consumi specifici per un forno di 2 t di capacità per produrre 1t di Al fuso.			
Pani di lega primaria (54%)	1000 kg	Al spillato	988 kg
Ritorni e recuperi interni (46%)			
Consumo di gas	804 kWh	scorie	12 kg (1,2 %)

Forni a crogiolo

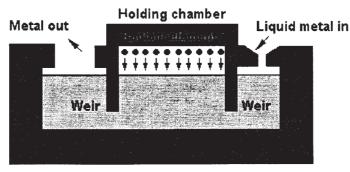
Questi forni sono costituiti da un crogiolo riscaldato esternamente da bruciatori alimentati a gas o ad olio. Sono utilizzati soprattutto per la fusione di metalli non ferrosi; hanno ridotta capacità e bassi volumi di produzione.

Vantaggi
- Tecnologia semplice.
- Bassa manutenzione.
- Flessibilità nel cambiamento di lega.

Svantaggi
- Bassa efficienza e ridotta capacità produttiva.

Consumi e prestazioni ambientali

INGRESSO		USCITA	
Pani di lega primaria		Polveri	basse: < 0,5 kg/t [1]
Ritorni e recuperi interni		No_x	< 1 kg/t [1][2]
Combustibili (liquidi o gas)	538 kg/t Efficienza termica: 30-57%	VOC	< 0,5 kg/t [1]
Energia elettrica	414 kwh/t	Scorie	n.d.
(1) Valori per tonnellata di getti di Al per un forno da 3 t/h (2) Dipende dal tipo di bruciatore e dalle modalità operative			

Forni a volta radiante (riscaldamento a resistenza)

Sono forni utilizzati esclusivamente per il mantenimento del metallo liquido, normalmente integrati con macchine formatrici a bassa pressione.
Sono caratterizzati da ridotti consumi energetici.

Vantaggi
- Controllo accurato delle temperature.
- Ridotti consumi energetici.
- Migliori condizioni ambientali.

Trattamento del metallo

I processi di trattamento del metallo, sono specifici per ciascun tipo di lega.

Alluminio

Tre sono i principali trattamenti cui sono sottoposte le leghe di alluminio:

1. Degasaggio: consiste nella rimozione dell'idrogeno disciolto nel metallo fuso, attraverso l'insufflaggio di un gas inerte.
2. Affinazione/modifica del grano: consiste nell'aggiunta al bagno, di piccole quantità di elementi metallici quali sodio, stronzio e titanio oltre che di zirconio e carbonio; tale processo viene generalmente abbinato al degasaggio in una stazione di trattamento dedicata.
3. Flussaggio: consiste nell'aggiunta di fluoruri e/o cloruri (flussanti) per rimuovere le impurezze presenti in fase solida.

Magnesio

Quattro sono i principali trattamenti

1. Modificazione del grano: consiste nell'aggiunta di zirconio o di esacloroetano (per alcune leghe) al bagno.
2. Flussaggio: consiste nell'aggiunta additivi a base di alcali, terre rare, cloruri e fluoruri allo scopo di rimuovere le impurezze solide.
3. Degasaggio: per la rimozione degli ossidi e per il degasaggio vengono utilizzati azoto, argon oppure una miscela di argon e cloro.
4. Controllo dell'ossidazione: consiste nell'aggiunta di berillio al bagno, in tenori fino a 15 ppm in peso (di norma le leghe in pani vengono già forniti additivati con berillio, evitando i problemi legati allo stoccaggio in fonderia di tale elemento); il controllo dell'ossidazione può essere ottenuto anche proteggendo la superficie del bagno con una miscela di CO_2 o argon.

Rame

Anche per le leghe di rame i principali trattamenti sono i seguenti.

1. Degasaggio.
2. Flussaggio.
3. Deossidazione: consiste nell'aggiunta di un reagente (comunemente fosforo) che si lega con l'ossigeno formando una scoria fluida.

Tecniche di Formatura (preparazione delle forme e delle anime)

Come accennato in precedenza, i metodi di formatura, cioè di preparazione della forma nella quale verrà colato il metallo liquido, si distinguono solitamente in due gruppi:

1) metodi di formatura in *forma a perdere* (transitoria), caratterizzati dal fatto che ogni forma può essere utilizzata per una sola colata e viene distrutta al momento di estrazione del getto;

2) metodi di formatura in *forma permanente* (o in conchiglia) nei quali la forma è progettata e realizzata in modo da poter essere utilizzata per un numero elevato di colate.

Le cavità eventualmente presenti all'interno del getto sono realizzate mediante parti di forma chiamate *anime*, realizzate in sabbia agglomerata con leganti chimici, e sono introdotte nella forma prima della sua chiusura.
Le anime vengono utilizzate nella produzione di getti sia nei sistemi con formatura transitoria (a perdere), sia nei sistemi con forma permanente, nei processi per colata a gravità.

La formatura con forma a perdere (transitoria)

I vari procedimenti di formatura in forma transitoria hanno in comune il fatto che il materiale di formatura è costituito da:

- un elemento refrattario;
- un elemento legante, che garantisce la coesione della forma;
- eventuali additivi, che hanno la funzione di correggere alcune caratteristiche del materiale di formatura poco adatte all'uso in fonderia (spesso gli elementi leganti hanno anche la funzione di additivi).

I principali elementi refrattari sono terre (sabbie) classificabili nel modo seguente.

- Quarzo (SiO_2): è una delle più comuni e-delle più usate terre, anche per il suo basso costo.
- Cromite ($FeO.Cr_2O_3$): ha una refrattarietà maggiore rispetto a quella silicea con grani mediamente più piccoli, consentendo di ottenere una migliore finitura superficiale del prodotto.
- Silicato di zirconio ($ZrSiO_4$): ha caratteristiche simili a quelle della cromite, ma permette finiture superficiali ancora migliori.
- Olivine: è prodotta dalla frantumazione di rocce naturali e viene utilizzata soprattutto per la produzione di pezzi in acciaio al Mn.

I principali elementi leganti sono i seguenti.

- Bentonite: è una argilla contenente la montmorillonite quale componente attivo. La bentonite è spesso trattata con polvere di soda per ottenere un legante che, insieme alla sabbia, dia un composto con un'ottima resistenza meccanica a secco e una lunga durata anche a temperature elevate.
- Resine: le resine sono dei leganti chimici che possono essere classificate in base al processo di indurimento a cui sono sottoposte:
    - indurimento a freddo (cold-setting resins);
    - indurimento con gas (gas-hardened resins);
    - indurimento a caldo (hot curing resins).

  Insieme alle resine sono spesso utilizzati catalizzatori gassosi per iniziare il processo di indurimento. I campi di applicazione delle diverse resine sono riportati nella tabella seguente che include, per completezza, informazioni relative alle produzioni di metalli ferrosi oltre che non ferrosi. Ovviamente, il lettore di questo documento si riferirà esclusivamente alle produzioni di metalli non ferrosi.

Indurimento	**Tipo di resina (nome commerciale)**	**Utilizzo per forme**	**Utilizzo per anime**	**Temperatura di reazione**	**Tempo di indurimento** *	**Tipo di lega utilizzabile**
A freddo	Furanica	Da medie a grandi	Limitato	10 – 30 ° C	10 – 120 min.	Ferrosa – non ferrosa
	Fenolica	Grandi	No	10 – 30 °C	10 – 30 min.	Ferrosa
	Poliuretano (Pepset/Pentex)	Da piccole a medie	Limitato	10 – 30 °C	5 – 60 min.	Ferrosa – non ferrosa
	Resolo (Alfaset)	Da piccole a grandi	Limitato	10 – 30 °C	5 – 400 min.	Ferrosa – non ferrosa
	Alchilica	Grandi	Limitato	10 – 30 °C	50 min.	Acciaio
	silicato	Da medie a grandi	No	10 – 30 °C	1 – 60 min.	Ferrosa – non ferrosa
Con gasaggio	Furanica/fenolica (Hardox)	Piccole	Si	10 – 30 °C	< 60 s	Ferrosa – non ferrosa
	Poliuretano (Cold-box)	Piccole	Si	10 – 30 °C	< 60 s	Ferrosa – non ferrosa
	Resolo (Betaset)	Piccole	Si	10 – 30 °C	< 60 s	Ferrosa – non ferrosa
	Acrilico/epossidica (Isoset)	No	Si	10 – 30 °C	< 60 s	Ferrosa – non ferrosa
	silicato	Piccole	Si	10 – 30 °C	< 60 s	Ferrosa – non ferrosa
Con calore	Olio	Piccole	Si	180 - 240 °C	1 – 60 min.	Ferrosa
	(Warm box)	limitato	Si	150 – 220 °C	20 – 60 s	Ferrosa
	(Hot box)	limitato	Si	220 – 250 °C	20 – 60 s	Ferrosa
	Fenolica (Croning – Shell molding)	piccole	Si	250 – 270 °C	120 – 180 s	Ferrosa – non ferrosa
* ad esempio il tempo necessario per potere effettuare l'estrazione del modello o dell'anima dalla cassa d'anima						

- Polvere di carbone (nero minerale): viene utilizzata soprattutto nelle fonderie di metalli ferrosi. Ha la proprietà di migliorare la finitura superficiale del pezzo fuso e di facilitare le operazioni di sformatura.
- Ossidi di ferro:-utilizzati soprattutto nella formazione delle anime.

Metodologie per la formatura in forma transitoria

- Procedimento di formatura in terra naturale: si utilizzano unicamente terre contenenti argilla. L'azione legante è iniziata dall'impasto della terra con l'acqua. Questa formatura viene utilizzata usualmente nelle piccole fonderie di rame.
- Procedimento di formatura in terra a verde: si utilizzano sabbia e bentonite (max 10%). La terra viene compattata intorno al modello tramite apposite macchine di ~~s~~ formatura, che funzionano a pressione o a vibro-compressione. Questa formatura viene utilizzata sia per i metalli ferrosi che non.

- Procedimento di formatura in terra non legata (o sotto vuoto): in questo caso non è presente nessun legante. Intorno al modello, al quale viene applicato un sottile film plastico (PEVA), viene compattata la sabbia; un secondo film plastico è applicato sul lato esterno della forma che successivamente viene messa in depressione Il vuoto consente di mantenere la geometria dell'impronta realizzata sia quando si estrae il modello che nelle fasi di accoppiamento con l'altra parte della forma, e nelle fasi di colata del metallo. La sterratura avviene semplicemente eliminando il vuoto; la sabbia si stacca dal getto ed è riciclata.
- Procedimento di formatura con terra e leganti chimici: i procedimenti principali sono tre:
  a. procedimenti con indurimento a freddo (a temperatura ambiente);
  b. procedimento di formatura con indurimento con gas (cold box);
  c. procedimento di formatura con indurimento termico (hot box e shell).

Procedimento di formatura con indurimento a freddo (autoindurenti)

Legante	**Catalizzatore a temperatura ambiente**	**Descrizione**
Fenoli-formaldeide o urea-formaldeide/fenoli-formaldeide copolimeri	Acido solfonico (paratoluene, xilene) con l'aggiunta talvolta di acido solforico.	I componenti sono molto economici
Furani	Acido solfonico (paratoluene, xilene) con l'aggiunta talvolta di acido solforico.	I componenti sono molto economici. Il processo di indurimento è più facile che con resine fenoliche.
Resine fenoliche e isocianato	Derivato della piridina.	Utilizzato sia per anime che forme. Non sempre utilizzabile per le colate in acciaio.
Soluzione fenolica alcalina di resol	Estere liquido.	Utilizzate per piccole o medie produzioni.
Resina di poliestere e isocianato	-	Si ottiene una buona finitura superficiale del pezzo. Procedimento costoso.
Estere e soluzione alcalina di silicato	-	Utilizzato nelle fonderie di acciaio.
Cemento		Il mezzo più semplice ed economico per pezzi di grandi dimensioni.

Procedimento di formatura con indurimento con gas (cold box)		
Legante	**Catalizzatore gassoso**	**Descrizione**
Resine fenoliche e isocianato.	Dietilammina, difenilammina, diisopropilammina, dimetilammina.	Permette una elevata finitura superficiale del pezzo e anche una elevata accuratezza dimensionale.
Soluzione fenolica alcalina di resolo.	Formiato metilico.	Difficoltà nel recuperare la sabbia.
Resine furaniche.	SO_2	La forma ha buone proprietà meccaniche, e le rotture sono molto difficili.
Resine epossidiche/acriliche con perossido organico.	SO_2	La forma ha buone proprietà meccaniche, e le rotture sono molto difficili.
Silicato di sodio o vetro solubile.	CO_2	Poco costoso. La forma non presenta caratteristiche meccaniche molto buone.
Soluzione fenolica alcalina.	CO_2	-

Procedimento di formatura con indurimento termico (hot box)		
Legante	**Catalizzatore attivato con il calore**	**Descrizione**
Urea/fenoli-formaldeide.	Sali di ammonio di acidi minerali.	La forma presenta caratteristiche meccaniche e dimensionali molto buone.
Resina fenolica che in uno strato sottilissimo avvolge il grano siliceo.	-	Il procedimento è chiamato shell-molding. È un procedimento utilizzato per la produzione in serie di anime e di forme impiegabili nella fonderia di metalli ferrosi e non. La precisione dimensionale e la finitura superficiale sono molto buone.
Olio di lino.	-	Facile da realizzare. Utilizzato per piccole anime.
Olio d'alchide.	-	Facile da realizzare. Utilizzato per piccole anime.

Procedimento di formatura con modello in materiale espanso

In questo caso il modello non è rimosso dalla forma prima della colata, ma rimane all'interno di essa ed è distrutto quando si cola il metallo.
Il processo porta ad una elevata accuratezza dimensionale e ad un'ottima precisione superficiale. Può essere utilizzato sia con terre senza leganti, sia con terre con leganti chimici.

La formatura con forme permanenti

In questo caso le forme sono fatte di metallo, e sono quindi riutilizzate più volte. L'elevato costo di lavorazione rende giustificabile questo tipo di formatura per le produzioni di serie. La forma è realizzata in lega metallica, normalmente acciai legati o ghise speciali, in modo da essere utilizzata per un numero elevato di getti.

La formatura di precisione

Il punto di partenza è la realizzazione, tramite iniezioni in conchiglia, di un certo numero di modelli in cera, a perdere. Una volta realizzati i modelli in cera e assemblati in un grappolo, questo ultimo viene immerso in una vasca contenente il materiale ceramico per il primo strato e, allo stato umido, esposto sotto una pioggia di particelle refrattarie; tale ciclo viene poi ripetuto fino al raggiungimento dello spessore del guscio richiesto.
Successivamente il guscio viene riscaldato per fondere la cera del grappolo, consentendone lo svuotamento; il guscio è così pronto per ricevere il metallo liquido.
Questo metodo è solitamente utilizzato per fonderie di precisione e per quelle artistiche.

La fase di colata

Colata nelle forme transitorie

Il metallo è colato nelle forme attraverso siviere e/o forni di colata. Una volta colato il metallo necessario, inizia la solidificazione ed il raffreddamento del pezzo. Finita questa fase, l'insieme costituito dalla forma e dal getto, è posizionato sopra una grata vibrante che distrugge la forma, e separa la terra dal getto, permettendo il recupero di parte della terra di formatura.

Colata in forme permanenti

- Colata a gravità e colata a bassa pressione.

Il procedimento è simile per entrambi i sistemi. Nel primo il metallo è colato nella conchiglia metallica sotto l'influenza della gravità, nel secondo sotto l'influenza di un gas a bassa pressione.
Nel secondo caso si possono ottenere finiture superficiali molto elevate. La seconda tecnica è utilizzata soprattutto per i prodotti in alluminio, in particolare nel settore automobilistico e dei veicoli in genere.

- Colata in conchiglia al alta pressione (pressocolata).

La lega liquida è iniettata in pressione nella conchiglia; ciò richiede l'uso di macchine ed impianti ausiliari di notevole costo. Tale processo viene impiegato solamente per produzioni in grandi serie, laddove è possibile realizzare getti a basso costo unitario, di notevole finitura superficiale, elevate caratteristiche meccaniche e tolleranze assai ristrette, tali da ridurre al minimo le lavorazioni meccaniche successive.

- Colata centrifuga.

Questa tecnica si applica per produrre pezzi cilindrici o assialsimmetrici. Con questa tecnica si riescono ad ottenere proprietà meccaniche del pezzo non ottenibili con gli altri metodi.

Trattamenti di finitura

I principali trattamenti meccanici che si applicano sui pezzi colati, una volta raffreddati, sono:

- rimozione del sistema di colata e di alimentazione (smaterozzatura);
- rimozione dei residui di sabbia della forma (pulitura);
- rimozione delle bave (sbavatura);
- riparazione di eventuali imprecisioni dovute ad errori durante la colata.

Nelle produzioni di serie, generalmente, tutte queste operazioni sono svolte in modo automatizzato, per aumentare la produttività. Per quanto riguarda la sbavatura, soprattutto nelle produzioni di serie, si cerca di fare in modo che le bave si formino in parti del pezzo facilmente accessibili, in modo da ridurre i tempi di lavorazione.

Trattamenti termici

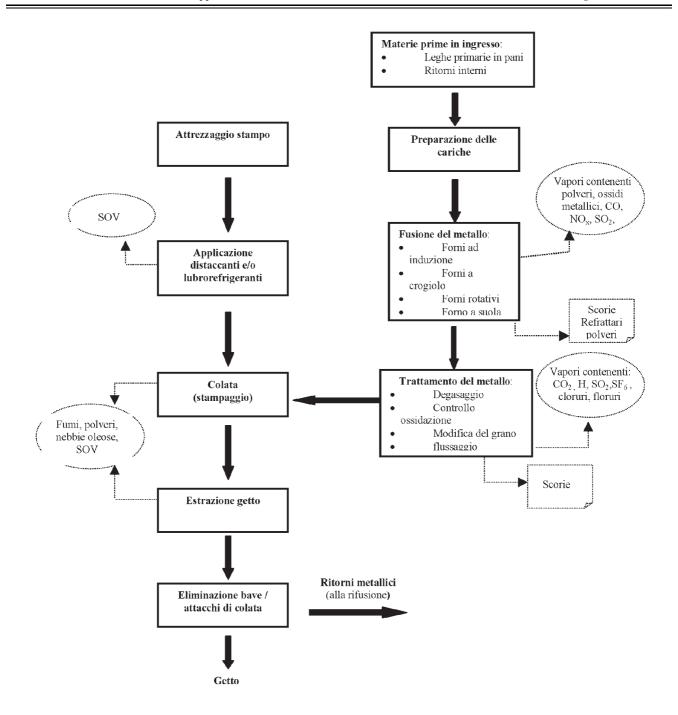
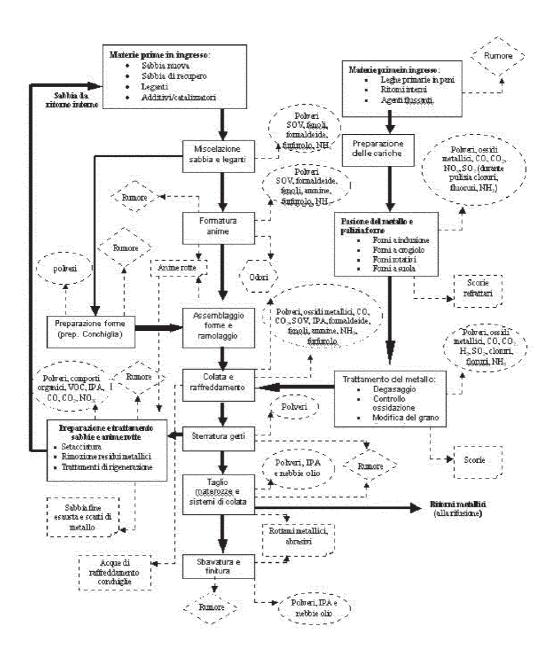
Per l'alluminio i trattamenti termici richiesti differiscono a seconda del metodo di colata utilizzato. Per le colate in terra, a gravità e a bassa pressione, può essere fatto qualsiasi tipo di trattamento termico (ricottura, invecchiamento artificiale, precipitazione, ecc.); per i getti pressocolati, invece, i trattamenti termici non sono normalmente previsti.
I principali trattamenti termici per l'alluminio sono i seguenti.

- Ricottura di distensione: il pezzo viene riscaldato alla temperatura di 200 °C e mantenuto a tale temperatura per 5 ore, per poi essere raffreddato lentamente.
- Trattamento di solubilizzazione: il pezzo viene riscaldato fino a quasi la temperatura di fusione, in modo che gli elementi di lega si solubilizzino omogeneamente al suo interno, e mantenuto a tale temperatura per lungo tempo. In seguito viene raffreddato velocemente (5-10 s) fino alla temperatura ambiente, in modo da far rimanere tali elementi in soluzione.
- Precipitazione: il pezzo viene riscaldato fino alla temperatura di 150-200 °C, in modo da aumentare la durezza e la resistenza meccanica del pezzo.
- Invecchiamento artificiale: il processo di invecchiamento porta ad un miglioramento delle caratteristiche meccaniche dell'alluminio. La parte fondamentale del trattamento prevede il mantenimento della lega ad una temperatura intermedia tra

quella di solubilizzazione e quella ambiente. Sia la temperatura di invecchiamento che la durata del trattamento influenzano pesantemente la microstruttura che si ottiene.

I livelli di emissioni prodotte nelle principali fasi del processo di fonderia

Le varie fasi del processo produttivo della fonderia di metalli non ferrosi possono dar luogo ad emissioni in aria, in acqua, e/o a produzione di rifiuti.

Una visione di insieme del processo produttivo di fonderia, correlato con i principali aspetti ambientali connessi, è riportata nei seguenti schemi a blocchi relativi a processi con formatura in forma permanente e con formatura in terra.

Flusso di processo tipico di una fonderia con colata in forma permanente

Flusso di processo tipico di una fonderia in sabbia e con colata in forma permanente (metodo di colata a bassa pressione od a gravità)

Impiego dei gas protettivi nella produzione di getti di Magnesio

Nelle fonderie di magnesio, il SF_6 e il SO_2 sono utilizzati per prevenire l'ossidazione del metallo durante la fusione. Il gas più utilizzato è il SF_6 che, ancorché gas serra e dunque soggetto alle limitazioni previste dalle normative comunitarie, risulta essere meno tossico dell'SO_2. Di seguito sono riportate le concentrazioni di SF_6 utilizzate sia nelle colate in pressione, sia in quelle in gravità.

Colata in pressione			
Temperatura di fusione (°C)	**Atmosfera sopra il metallo fuso (vol %)**	**Agitazione superficiale**	**Protezione del fuso**
650 - 705	aria / 0.04 SF_6	No	Eccellente
650 – 705	aria / 0.2 SF_6	No	Eccellente
650 - 705	75 aria / 25 CO_2/ 0.2 SF_6	Si	Eccellente
705 - 760	50 aria / 50 CO_2/ 0.3 SF_6	No	Eccellente
705 - 760	50 aria / 50 CO_2/ 0.3 SF_6	Si	Molto buono

Colata per gravità				
Diametro del crogiolo del forno (cm)	**Inattivo (fusione/mantenimento)**		**Durante agitazione (aggiunta leghe/colata)**	
	Bassa portata di gas (ml/min)		Alta portata di gas (ml/min)	
	SF_6	**CO_2**	**SF_6**	**CO_2**
30	60	3,5	200	10
50	60	3,5	550	30
75	90	5	900	50
Nota: La portata consigliata è di 1,7 ÷ 2,0 % di SF_6 in volume				

Le emissioni principali nella produzione di getti di rame e delle sue leghe

Il bilancio di massa per la produzione di getti di ottone (rubinetti) con forno a crogiolo a gas da 1 t (fusione e formatura per pressocolata), sono i seguenti.

INPUT		**OUTPUT**	
Energia elettrica	1360 kwh/t di getti	Particolato	3,9 kg/t di getti
Gas (propano)	0,3 Nm^3/kg (1)	Rame	0,081 kg/t di getti
		NO_x	0,03 kg/t di getti
		SO_2	0,1 kg/t di getti
		VOC	3,3 kg/t di getti
		Scorie	36,3 kg/t di getti
(1) valori per unità di metallo fuso			

Per le leghe di rame, le emissioni dipendono dalla quantità di zinco presente nella lega, come si può vedere nella tabella successiva.

Lega	**Composizione (% di zinco)**	**Emissione di particolato (kg/t di metallo fuso)**
Bronzo	0-7	0.3-1.5
Ottone	20-40	0.5-16

Le emissioni principali nella ~~e~~ produzione di getti di zinco e di sue leghe

Per quanto riguarda le emissioni dalle fonderie di zinco, sono riportati dati di bilancio di massa per una fonderia che produce getti in Zama mediante fusione con forno a crogiolo a gas e con successiva formatura per pressocolata.

INPUT		**OUTPUT**	
Lega di zinco	1040 (1) kg	Getti buoni	1000 kg
Boccami e ritorni	500 (1) kg	Sfridi metallici	3 (1) kg
Energia elettrica	700 kwh/t di getti	particolato	1 (1) kg
Gas	70 Nm^3/t di getti	scorie	30 (1) kg
Acqua	1 m^2 /t di getti		
(1) valori per tonnellata di getti buoni prodotti			

Le emissioni prodotte nella fase di formatura in terra

La terra utilizzata per la formatura con bentonite è composta solitamente da acqua (circa il 4.1%), bentonite (8.3%) e da alcuni additivi, che possono essere polvere di carbone o farine di cereali.

Nella formatura sotto vuoto, l'assenza di acqua e leganti fa sì che l'impatto ambientale di questa tecnica sia decisamente minore, anche se i costi elevati non ne permettono un'ampia diffusione.

Formatura in terra "a verde"

INPUT	**OUTPUT**	
sabbia	Forme in sabbia	
Leganti argillosi (ad es. bentonite)	Emissioni:	
Additivi (nero minerale, destrine)	• polveri	< 50 mg/m^3 (*)
Acqua (durante la miscelazione)	• SiO_2	< 10 mg/m^3 (*)
(*) Le emissioni dipendono dal tipo di depolveratore utilizzato		

Formatura in terra con leganti chimici

- *Emissioni provenienti dalla realizzazione della forma*

	Sabbia furanica (kg/t di metallo fuso)	Sabbia fenolica (kg/t di metallo fuso)
Solventi organici	1.4	1.25
Fenoli	0.02	0.18
Formaldeide	0.08	0.15

- *Emissioni provenienti dalla realizzazione delle anime*

	Cold - box (kg/t di metallo fuso)	Hot - box (kg/t di metallo fuso)	Shell (kg/t di metallo fuso)
Polveri	Trascurabile	0.003	0.003
Alcol furfurilico	0.1	Non presente	Non presente
Formaldeide	0.01	Non presente	0.003
Solventi organici	Non presente	0.03	Non presente
Solventi aromatici	0.12	Non presente	Non presente
Ammine	0,13	Non presente	Non presente

Produzione di getti con modello in materiale espanso (Lost Foam / forma piena)

- Residui provenienti dalla creazione della forma

Residuo	Kg/t
Terra da fonderia (senza recupero interno)	1.04
Polvere filtrata (senza recupero interno)	0.056
Polvere filtrata (con recupero interno)	0.056
Residui di polistirene espanso	0.0027

- Emissioni prodotte dalle fasi di colata (leghe di alluminio)

Composto	Fattore di emissione (g/t di Al fuso)
Benzene	35
Toluene, xilene, etilbenzene, stirene	355
Composti organici	97
TOC	857
IPA	1,45
Formaldeide	18
Fenolo	18

Formatura con forma permanente: getti realizzati per colata a pressione (pressocolata)

Sono riportate le emissioni in aria e acqua per tre diverse fonderie.

	Fonderia A	**Fonderia B**	**Fonderia C**
Consumi			
Acqua	802 l/t	935 l/t	1709 l/t
Elettricità	1103 kWh/t	1380 kWh/t	652 kWh/t
Emissioni			
Acque reflue		n.d.	(dopo trattamento)
COD	1800 mg/l		126 mg/l
pH	7.5		7.5
SS	1300 mg/l		1 mg/l
Olio e grassi	3000 mg/l		1 mg/l (idrocarburi totali)
BOD5	2000 mg/l		78 mg/l
Al	5 mg/l		0.6 mg/l
Gas di scarico	n.d.		
NOx		0.006 kg/t	n.d.
VOC		0.28 kg/t	0.27 kg/t
Polvere		1.8 kg/t	0.20 kg/t

Le emissioni in aria durante la fase di colata, di raffreddamento e sterratura

Le principali emissioni che si hanno in aria durante queste fasi sono legate alle sostanze rilasciate dai leganti chimici durante il riscaldamento della forma.

Bilancio di massa delle fasi di colata, raffreddamento , sterratura

INPUT	OUTPUT
• Forme in sabbia • Metallo liquido	• Fusioni (getti) • Sabbia usata • Emissioni di sostanze organiche in conseguenza della pirolisi dei leganti della sabbia • odori • polveri dalle operazioni di distaffatura/sterratura • rifiuti dal trattamento delle emissioni

La tabella che segue fornisce una valutazione qualitativa delle principali emissioni correlati ai diversi tipi di getti.

Sistema e tipo di legante	Emissioni durante la produzione di getti (colata)	Commenti
Terra a verde - Argilla - Nero minerale (o equivalenti) - Acqua	- Materiale particellare – fuliggine dalla combustione del nero minerale - CO, CO_2 - Benzene, toluene, xilene	Odori potenziali legati al contenuto di zolfo del nero minerale.
A guscio (shell) Resina fenolo-formaldeide (tipo novolacca)	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - Fenolo, cresolo, xilenolo - Ammoniaca, aldeidi, benzene - IPA	Odore significativo; possono essere necessari trattamenti, qualora la dispersione all'esterno non sia sufficiente ad evitare la persistenza degli odori stessi.
Alcalino – fenolico - Resina a base di resolo , fenolica alcalina – formaldeide - Indurimento con gas - Autoindurente	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - Formaldeide - Fenolo, cresolo, xilenolo - Composti aromatici	Produzione di odori.
Fenolico-uretano - Indurimento con gas (cold box) - Autoindurente (fenolico urtano no-bake)	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - Formaldeide - Fenolo, cresolo, xilenolo - Composti aromatici (inclusi IPA) - Anilina, naftalene, ammoniaca	Produzione di odori.

Furanico Resine a base di: - Fenolo - Urea - Alcool furfurilico - Formaldeide	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - Fenolo, cresolo, xilenolo - Formaldeide - Composti aromatici (inclusi IPA) - SO_2, ammoniaca, anilina	Possibile produzione di odori.
Hot box (cassa d'anima calda) Resine a base di: - Fenolo - Urea - Alcol furfurilico - Formaldeide	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - NO_x - Fenolo, cresolo, xilenolo - Formaldeide - Composti aromatici (inclusi IPA) - Ammoniaca, anilina	
Sabbia-olio Olio di lino e destrine	- Materiale particellare – fuliggine dovuta alla combustione incompleta del carbonio della resina - CO, CO_2 - Butadiene - Acroleina, chetoni	Produzione di odori.
Processi con CO_2 Silicato di sodio	CO, CO_2	
Silicati con esteri Silicato di sodio	- CO, CO_2 - Alcani, acetone, acido acetico - Acroleina	

La composizione delle sabbie usate (prima del riciclo)

La tabella seguente riporta alcuni dati relativi alla qualità delle sabbie di fonderia, derivanti da differenti processi, dopo distaffatura (sabbie usate).

Composto	**Processo di formatura**				
	Sabbia "a verde" (mg/kg)	Leganti Inorganici (mg/kg)	Resina Fenolica/alcalina (mg/kg)	Resina furanica (mg/kg)	Resina fenolica (shell molding) (mg/kg)
Metalli:					
• As	0,2 – 2,1	< 0,5	0,2 – 1,8		
• Cr	1,7 – 13,5	< 5	1,2 – 7,2		
• Cd	0,03 – 6,7	0,02	0,01 – 0,03		
• Pb	1,6 – 39,0	1,3	0,4 – 2,1		
• Cu	4,7 – 5,0	1,5 – 6,0	2,7 – 4,4		
• Ni	2,0 – 20,0	2,5 – 8,3	0,3 – 8,5		
• Mn	75 - 78	25 - 34	22- 79		
Fenolo	1,1 – 30,0		1,4 - 210	0,18 – 15,0	3,7 - 3300
Fenolo lisciviabile	(µg/l) 26 – 1600	---	(µg/l) 0,025 - 4400	(µg/l) 1,2 – 19,0	(µg/l) 0,025 -3200
IPA totali	1,0 – 11,0	n.d.	2,3 – 8,1	1,0 – 10,0	0,75 – 9,3

La colata nelle forme permanenti

Alcuni fattori di emissione per le fonderie di bronzo, ottone e zinco (dati riferiti ad impianti localizzati in Belgio) sono riportati nella tabella seguente.

	CuO (g/t)	**SnO(g/t)**	**PbO (g/t)**	**ZnO (g/t)**	**Al_2O_3 (g/t)**	**MnO (g/t)**
Bronzo	0.06	0.04	2 - 20	625 - 6250	n.a	n.a
Ottone	0.01	n.a	0.007 - 1	125 - 21500	n.a	n.a
Zinco	n.a	n.a	n.a	0.004	0.2	0.01

Emissioni in acqua

Nelle fonderie la quantità di acqua di scarico prodotta è bassa, ed è legata soprattutto alle acque provenienti dai sistemi di depolverazione (soprattutto i wet scrubber) e di lavaggio dei gas di scarico. La produzione media di acqua reflue, in una fonderia, si attesta sui 0.5 m^3/t di materiale colato nella forma (escluse quindi le scorie).

La produzione di residui/rifiuti

Nei paragrafi precedenti sono stati riportati i bilanci di massa per i diversi processi, che hanno evidenziato, fra i flussi in uscita, la presenza di materiali che si configurano come residui/rifiuti del processo.
Nonostante l'adozione delle BAT rappresenti uno strumento da un lato per aumentare la resa dei processi e dall'altro per ridurre i residui, è inevitabile che molte fasi portino ad ottenere comunque dei materiali di risulta.
In molti casi tali materiali trovano un naturale riutilizzo all'interno dello stesso ciclo produttivo della Fonderia, come nel caso delle sabbie nelle fonderie con sistemi di

formatura in terra, o dei boccami (sistemi di colata, scarti di fusione, ecc), che costituiscono una quota parte dei materiali di carica dei forni.
Va comunque evidenziato come, nella generalità delle situazioni, sia inevitabile che il processo produttivo generi una serie di residui, che devono essere destinati ad attività esterne di riutilizzo o allo smaltimento come rifiuti.
Nella tabella che segue vengono individuati i principali residui/rifiuti che hanno origine dalle singole fasi produttive o processi di fonderia; per ciascuno di essi si riporta una indicazione sulla loro classificazione (pericoloso o non) e si individua il codice CER del rifiuto stesso.

Fase / processo	**Residui / rifiuto**	**Classificazione**	**Codice CER rifiuto**
Fusione	Scorie di fusione	Non pericoloso	10.10.03
	Refrattari utilizzati: ➢ A base di carbone ➢ Altri refrattari	 Da verificare Da verificare	 16.11.01* 16.11.02 16.11.03* 16.11.04
	Polveri di depurazione Emissioni	Da verificare	10.10.09* 10.10.10
Formatura in terra	Forme ed anime non utilizzate	Da verificare	10.10.05* 10.10.06
	Scarti di legante	Da verificare	10.10.13* 10.10.14
Distaffatura/serratura	Terre e sabbie esauste	Da verificare	10.10.07* 10.10.08
Colata in forma permanente: ➢ Gravità e bassa pressione	Residui di anime	Da verificare	10.10.07* 10.10.08
Depurazione emissioni	➢ polveri ➢ fanghi	Da verificare Da verificare	10.10.11* 10.10.12 In relazione al tipo di trattamento e alla natura del fango
* qualora il rifiuto contenga sostanze pericolose in concentrazione superiore ai limiti previsti (Decisione CE 3 maggio 2000, n. 532 - Direttiva 9 aprile 2002 del Ministro dell'Ambiente)			

In merito alla classificazione del rifiuto va precisato che, in ogni caso, spetta al produttore/detentore provvedere ad una sua corretta caratterizzazione e classificazione ai sensi delle indicazioni della vigente normativa, oltre che la responsabilità di attribuire il relativo codice CER.

E. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

Generalità

Le tecniche riportate sono suddivise in funzione delle principali fasi del processo produttivo.

Le fasi che vengono considerate sono:
1. stoccaggio e manipolazione delle materie prime;
2. fusione e trattamento del metallo;
3. formatura e fabbricazione di anime, compreso la preparazione delle sabbie;
4. colata;
5. captazione e trattamento dei fumi e dei gas esausti;
6. trattamento delle acque reflue;
7. efficienza energetica;
8. rigenerazione, riciclo, riutilizzo e smaltimento delle sabbie (per i sistemi di formatura con forme a perdere in sabbia);
9. trattamento e riutilizzo di polveri e residui solidi;
10. riduzione del rumore;
11. dismissione delle attività;
12. tecniche di gestione ambientale.

Nelle tabelle che seguono sono descritte sinteticamente, per ogni singola fase produttiva, le varie tecniche considerate nella determinazione delle BAT, con indicazione delle relative prestazioni ambientali associate, il campo di applicabilità ed eventuali note di chiarimento.

BAT applicabili nelle operazioni di stoccaggio delle materie prime

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Area di stoccaggio coperta e/o con fondo rinforzato.	La copertura dell'area di stoccaggio, o l'utilizzo di una pavimentazione di fondo impermeabile e con un sistema di raccolta e trattamento delle acque di dilavamento, permette di limitare l'inquinamento del suolo e delle acque.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti ed in quelli nuovi; è già applicata in Italia nella maggior parte delle fonderie di metalli non ferrosi.	-
Strategie per lo stoccaggio dei leganti chimici: - area di stoccaggio coperta e dotata di sistemi di areazione; - raccolta dei liquidi spillati (sversamenti); -area di stoccaggio chiusa.	Dato che la maggior parte dei leganti chimici sono sostanze classificate come pericolose, questa tecnica permette di evitare rischi per i lavoratori e per l'ambiente circostante.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti ed in quelli nuovi.	-
Utilizzo come materie prime per la fusione, di rottami puliti e di ritorni privi di residui di sabbia.	Queste tecniche riducono le emissioni di polveri e di VOC ed il consumo di energia (dal 10 al 15%) dovuto alla riduzione della quantità di scorie.	La rimozione della sabbia dai ritorni interni può essere applicata alle fonderie con formatura in terra sia esistenti che nuove.	Questa tecnica può essere attuata nelle fonderie con formatura in terra dove esiste un potenziale rischio di avere ritorni sporchi da residui di sabbia
Riciclo interno dei ritorni	Si ottiene la minimizzazione degli scarti attraverso il riciclo dei boccami.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti ed in quelli nuovi. È applicata attualmente in tutte le fonderie europee	-

Riciclo dei rottami di magnesio, sia attraverso riciclo diretto nei forni fusori che attraverso uno specifico impianto di riciclaggio separato all'interno della fonderia.	Ottimizzazione del riciclo del magnesio con l'eliminazione delle operazioni di trasporto ad impianti di riciclaggio esterno.	Queste tecniche possono essere applicate alle fonderie esistenti e alle nuove installazioni.	-
Riciclaggio dei contenitori usati.	La restituzione dei contenitori vuoti ai fornitori previene la formazione di rifiuti e stimola le forme di riutilizzo.	Questa tecnica può essere applicata agli impianti esistenti ed in quelli nuovi.	-

BAT applicabili alle operazioni di fusione e di trattamento dei metalli fusi: forni ad induzione

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Ottimizzazione del processo di fusione.	L'incremento dell'efficacia del forno porta ad un ridotto consumo di energia e ad un tempo di fusione più breve.	Applicabile ad impianti nuovi ed esistenti.	Le principali misure per ottimizzare il processo sono di tipo manutentivo.
Cambiamento della frequenza del forno.	L'aumento della frequenza di funzionamento da 50 Hz a 250 Hz permette l'utilizzo di un crogiolo più piccolo e, quindi, il miglioramento dell'efficienza energetica del forno.	-	Utilizzato in genere negli impianti per la fusione di leghe ferrose.

BAT applicabili alle operazioni di fusione e di trattamento dei metalli fusi: forno rotativo

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Misure per aumentare l'efficienza del forno attraverso: - regime del bruciatore; - posizione del bruciatore; - caricamento; - composizione del metallo; - temperatura operativa.	Si ha una minore produzione di polvere e residui, e si ottiene un aumento dell'efficienza energetica del forno.	Applicabile per forni rotativi che fondono leghe ferrose con bruciatori ad ossigeno.	-
Utilizzo di bruciatori ad ossigeno	Si ha una minor produzione di NOx e CO_2 grazie all'innalzamento della temperatura di combustione.	Applicabile per qualunque forno rotativo.	Vantaggi apprezzabili in particolare nella produzione di leghe ferrose.

BAT applicabili alle operazioni di fusione del metallo e nel trattamento dei metalli fusi: forni a suola (a riverbero)

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Utilizzo di bruciatori ad ossigeno.	Si ha una minor produzione di NOx e CO_2 grazie all'innalzamento della temperatura di combustione ed una contemporanea riduzione del consumo di combustibile	Applicabile sia ad impianti esistenti che nuovi.	-

BAT applicabili alle operazioni di fusione del metallo e nel trattamento dei metalli fusi: forni a tino (shaft fornace)

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Captazione delle emissioni nelle varie fasi operative (caricamento, fusione,ecc)	Limitazione delle emissioni "fuggitive"	Impianti nuovi ed esistenti	Forno tipicamente utilizzato per la fusione di alluminio-

BAT applicabili alle operazioni di fusione del metallo e nel trattamento dei metalli fusi: fusione del magnesio

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Utilizzo di SO_2 come gas protettivo al posto dell'SF_6.	L'utilizzo di SO_2 permette di eliminare l'SF_6, che è uno dei gas serra più pericolosi per lo strato di ozono.	Non è possibile sostituire totalmente l'SF_6 con SO_2 in tutte le operazioni che coinvolgono la fusione del magnesio, anche in relazione alla tossicità della SO_2 ed ai rischi per la salute dei lavoratori esposti.	-

BAT applicabili alle operazioni di fusione del metallo e nel trattamento dei metalli fusi: trattamento delle leghe non ferrose

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Degassaggio ed affinazione dell'alluminio utilizzando specifici sistemi di agitazione e miscele di Ar/Cl_2 o N_2/Cl_2 o di gas inerti	Questi gas permettono di sostituire l'uso di SF_6 o esacloroetano, gas serra che rientrano nella convenzione di Kyoto.	Le tecniche di degasaggio e affinazione sono state sviluppate su forni di attesa e siviere da 50 a 1000 kg di alluminio fuso.	-

BAT applicabili durante la preparazione delle forme e delle anime

La applicabilità dei vari tipi di formatura in relazione alle leghe non ferrose colate, è riportata nella tabelle seguente:

TIPO DI LEGA	**FORMA A PERDERE**				**FORMA PERMANENTE**				
	Metodi di formatura				**Metodi di colata**				
	Sabbia a verde	Conchiglia di sabbia (shell)	Sabbia /resina (fenolica /furanica)	Pep set /silicato di sodio	Gravità e bassa press.	Presso colata (a camera calda)	Presso colata (a camera fredda)	Centrifugazione	Formatura continua
Metalli pesanti									
ottone	X	X	X	X	X				
bronzo	X	X	X	X					
rame	X	X	X	X	X		X	X	X
leghe di zinco					O		X	X	
Leghe leggere									
leghe di Al	X		X	X	X		X		X
Leghe di Mg					X	X	X		
Titanio					O				
X = Il metodo può essere utilizzato O = Il metodo è teoricamente applicabile ma viene poco utilizzato									

BAT applicabili durante la preparazione delle forme e delle anime: formatura con sabbia legata con argilla (formatura a verde)

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Impianto unico per la miscelazione ed il raffreddamento della sabbia sotto vuoto.	Rispetto agli impianti tradizionali, di raffreddamento e di miscelazione delle sabbie, l'utilizzo di un unico impianto permette di ridurre la portata di aria ed il volume dei gas di scarico, la polvere da smaltire e di ridurre il consumo di leganti.	Applicabile nei nuovi impianti.	-

BAT applicabili durante la preparazione delle forme e delle anime: formatura con sabbia agglomerata con leganti chimici

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Minimizzazione del consumo di leganti e resine attraverso l'ottimizzazione del processo.	Una riduzione nel consumo degli agenti leganti porta ad una riduzione delle emissioni di VOC, poiché questi ultimi rappresentano circa il 60% in peso dei leganti.	Applicabile ad impianti nuovi ed esistenti.	-
Macchinari per la formatura e la produzione delle anime.	L'utilizzo di apparecchiature moderne all'interno della fonderia permette di minimizzare le perdite di sabbia e di aumentare la produttività.	In imprese con produzioni di serie. Una corretta applicazione richiede un buon controllo in continuo della qualità della sabbia.	-
Migliori pratiche per i processi con indurimento a freddo			
Fenolico: mantenimento della temperatura della sabbia costante (15-25 °C).	Prevenzione delle emissioni di VOC dovute ad evaporazione.	Applicabile negli impianti esistenti.	-
Furanico: mantenimento della temperatura della sabbia costante (15-25 °C), per un corretto controllo del tempo di indurimento della miscela.	Minimizzazione delle aggiunte di catalizzatore (con vantaggi indiretti di minori emissioni nelle successive fasi di colata).	Applicabile negli impianti esistenti.	-

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Poliuretanico (fenolico isocianica): mantenimento costante della temperatura della sabbia (15-25 °C). Miscelazione dei tre componenti (fenolico – isocianato – catalizzatore) con la sabbia direttamente nel mescolatore.	Riduzione delle emissioni nelle varie fasi.	Applicabile negli impianti esistenti.	-
Resolo – esteri (fenolico alcalino con indurimento con esteri): mantenimento della temperatura della sabbia costante	Riduzione delle emissioni nelle varie fasi.	Applicabile negli impianti esistenti.	-
Silicato esteri: mantenimento costante della temperatura della sabbia (15-25 °C). Forme ed anime devono essere impiegate nel più breve tempo possibile dopo indurimento. Stoccaggi prolungati possono essere effettuati in ambienti secchi.	Riduzione delle emissioni.	Applicabile negli impianti esistenti.	-

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Migliori pratiche per i processi con indurimento per gasaggio			
Cold box (cassa anima fredda): captazione, attraverso la cassa d'anima, dell'eccesso di ammina; ventilazione delle aree di stoccaggio delle anime; ottimizzazione del processo di distribuzione dell'ammina; mantenimento costante della temperatura della sabbia (20-25 °C). L'acqua è indesiderata nel processo, nella miscela di sabbia deve essere mantenuta al di sotto dello 0,1 %; l'aria utilizzata per il gasaggio deve essere essiccata.	Riduzione delle emissioni di ammina nella fase di formatura.		Le ammine sono sostanze infiammabili ed esplosive in determinate proporzioni con l'aria; particolare cura deve essere posta nelle fasi di movimentazione e stoccaggio, e devono essere sempre osservate le indicazioni del fornitore.
Resolo (Fenolico alcalino con indurimento mediante metilformiato): ventilazione dell'area di lavoro.	Riduzione del rischio di incendio.		
Fenolico o furanico con indurimento a SO_2: ventilazione dell'area di lavoro; captazione delle emissioni e loro convogliamento ad un impianto di trattamento mediante scrubber con neutralizzazione con soluzione basica (Na OH).	Riduzione delle emissioni.		

BAT	**Prestazioni ambientali**	**Applicabilità**	**Osservazioni**
Epossidico-acrilico con indurimento ad SO_2: stesse cautele del precedente processo.			La concentrazione di SO_2 nel gas vettore (CO_2 o azoto) varia dal 5 al 100% a seconda del tipo di resina: minima per quella acrilica, massima per quella epossidica/acrilica.

BAT	**Prestazioni ambientali**	**Applicabilità**	**Osservazioni**
Utilizzo di intonaci refrattari (vernici) a base di acqua, invece che con solvente a base di alcol, per forme ed anime.	Permette una riduzione nelle emissioni di VOC durante la fase di essiccazione del rivestimento.	L'utilizzo di rivestimenti a base d'acqua è possibile nella maggior parte dei casi. In alcune situazioni, per problemi tecnologici, tale tecnica non può essere impiegata, come ad esempio nei seguenti casi: a) produzioni di grandi forme con complesse geometrie interne, in relazione alla difficoltà di penetrazione dell'aria di essiccazione; b) nella produzione di magnesio in cui l'acqua forma MgOH. La tecnica può essere utilizzata nelle fonderie di getti di grande serie, esistenti e nuove. Nelle fonderie di piccola serie, l'applicabilità può essere limitata da fattori tecnici ed economici.	-
Utilizzo di forni a microonde per l'essiccazione delle forme e delle anime dopo l'applicazione dei rivestimenti a base d'acqua.	Aumenta l'efficienza energetica del processo di essiccazione.	Applicabile in tutti gli utilizzi di intonaci (rivestimenti) a base d'acqua.	La tecnica è di recente introduzione, e più che una BAT consolidata può essere considerata una BAT emergente.

BAT	**Prestazioni ambientali**	**Applicabilità**	**Osservazioni**
Utilizzo di solventi non aromatici nella produzione di anime con sistemi in cassa d'anima fredda (cold - box).	L'utilizzo di solventi non aromatici (per esempio a base di oli vegetali o grasso animale) nella formulazione della resina utilizzata nei processi a freddo, permette una riduzione delle emissioni di VOC nelle fasi di produzione delle anime e nelle fasi di colata, raffreddamento e serratura.	Questa tecnica può essere applicata solo nei processi di formatura anime in cassa d'anima fredda (cold-box).	La tecnica è di recente introduzione, e più che una BAT consolidata può essere considerata una BAT emergente.

BAT applicabili durante la preparazione delle forme e delle anime: tecniche alternative

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Formatura con modelli a perdere (Lost Foam).	Poiché la sabbia è utilizzata senza leganti, non vi sono emissioni correlate al legante, durante la colata ed il raffreddamento. In ogni caso, la pirolisi delle schiume di polistirene (EPS) o di polimetilmetacrilato (PMMA), utilizzate per realizzare i modelli, porta alla produzione di composti organici che necessitano di post-combustione. Il consumo energetico complessivo del processo Lost Foam è significativamente minore rispetto ai tradizionali sistemi di produzione dei getti.	Questa tecnica trova applicazione nelle produzioni di serie, di pezzi con dimensioni medio - piccole (max 1000 x 1000 x 550 mm). La tecnica, per essere applicata nelle fonderie esistenti, necessita di una complessa riconversione dei processi di fonderia che riguarda le fasi di formatura, colata e finitura, per ciascuna tipologia di produzione.	
Formatura in guscio ceramico.	Questa tecnica, se paragonata a quella con sabbia e leganti, minimizza le emissioni di polvere e di VOC durante la colata.	Questa tecnica è brevettata (REPLICAST®), e viene applicata per ottenere getti che hanno una elevata finitura superficiale. Tecnica applicabile solo a specifiche tipologie di produzione.	Questa tecnica è utilizzata nelle fonderie di microfusione per produrre leghe a base di nichel.

BAT applicabili durante la formatura con forma permanente: conchiglie metalliche

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Minimizzazione del consumo di distaccante e di acqua nella formatura per pressocolata ad alta pressione.	Riduzione e/o prevenzione delle emissioni diffuse. Minimizzazione del consumo di acqua e di prodotti distaccanti.	Tecnica applicabile alle fonderie con sistemi di pressocolata ad alta pressione.	
Applicazione del distaccante (allo stato vaporizzato) a conchiglia chiusa.	Riduzione del consumo di distaccante e riduzione delle emissioni.	Eliminando l'effetto di raffreddamento dello stampo dovuto all'acqua aggiunta al distaccante, la tecnica può comportare la necessità di modifica dello stampo prevedendo specifici sistemi di raffreddamento. Applicabilità limitata a specifici tipologie di getti e di macchine di iniezione. Non rappresenta una soluzione alternativa alla tradizionale applicazione del distaccante.	

BAT utilizzabili per ridurre le emissioni in atmosfera: tecniche generali di abbattimento

Per il trattamento delle emissioni vengono individuati differenti sistemi, sia a secco che ad umido. La scelta delle tecniche più idonee dipende dalla composizione e dalle condizioni del flusso emesso. Nel settore delle industrie di fonderia, vengono utilizzate le seguenti tecniche.

- Abbattimento di polveri e materiale particellare:
  1. cicloni;
  2. filtri a tessuto o a sacco;
  3. impianti di trattamento ad umido (scrubber).
- Sistemi di depurazione dei gas (SO_2, Cl, ammine):
  1. impianti di trattamento ad umido, con utilizzo di torri di gorgogliamento, Venturi e disintegratori.
- Separatori di nebbie di olio:
  1. precipitatori elettrostatici;
  2. filtri statici;
  3. filtri a tasche.
- Abbattitori di CO e di sostanze organiche:
  1. post combustori;
  2. biofiltri.

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)
Multi - cicloni (accoppiati ad altri sistemi)	Polveri: 100 – 200 mg/Nm^3 Basso consumo di energia	Varia in relazione alle singole situazioni. Utilizzo in presenza di flussi a temperature elevate; impiegato come pretrattamento delle emissioni prima di altri sistemi. Costi di investimento bassi.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h:20 mg/m^3 Piombo e sue leghe:10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h:20 mg/m^3
Filtri a manica	Polveri: < 20 mg/Nm^3 Medio - basso consumo di energia	Varia in relazione alle singole situazioni. Buone prestazioni con possibilità di recupero e riutilizzo delle polveri captate. Costi di investimento alti.	
Scrubber venturi	Polveri: 20 – 150 mg/Nm^3 Alto consumo di energia	Varia in relazione alle singole situazioni. Costi di investimento alti.	
Scrubber dinamici (“disintegratori”)	Polveri: 20 – 150 mg/Nm^3 Medio consumo di energia	Varia in relazione alle singole situazioni. Costi di investimento alti.	

BAT utilizzabili per ridurre le emissioni in atmosfera: tecniche applicabili ai singoli impianti e/o fasi produttive

Le tabelle che seguono, riportano le BAT applicabili alle varie tipologie di impianti fusori e/o fasi produttive, con riferimento gli specifici inquinanti prodotti:

Impianto e/o fase produttiva: forni ad induzione

Inquinante	**BAT**	**Informazioni specifiche**	**Efficienza / emissioni raggiungibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)**[1]
Polveri	Raccolta dei fumi e delle polveri prodotte: ventilazione del luogo di lavoro.	Aumento della normale ventilazione dell'ambiente di lavoro mediante ventilatori estrattori posti sul tetto al di sopra della zona del forno.	bassa	L'efficienza di questa tecnica è limitata. Molto diffusa.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3

[1] Per i valori limite per inquinanti non specificati nell'allegato II del D.M.12 luglio 1990 bisogna far riferimento ai valori elencati nell'allegato I; in questo caso il valore massimo di emissione è pari al doppio del valore indicato

Inquinante	**BAT**	**Informazioni specifiche**	**Efficienza / emissioni raggiungibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)[1]**
Polveri	Raccolta dei fumi e delle polveri prodotte: cappa laterale fissa.	La captazione dei funi e delle polveri prodotte dal forno viene effettuata mediante un sistema di cappe posizionata lateralmente al forno. L'efficienza di captazione può essere migliorata, posizionando opportunamente un sistema di ugelli atti a orientare verso la cappa le emissioni.	Medio/alta	Questo sistema dà ottimi risultati per la raccolta dei gas, purché non vi siano ostacoli tra le cappe e la fonte di emissione, come durante la fase di carica del forno.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
Polveri	Raccolta dei fumi e delle polveri prodotte: cappe "a calotta".	La cappa di aspirazione è posizionata al di sopra del forno ad una quota tale da non interferire con il sistema di caricamento del forno stesso.	media	Questo sistema dà luogo ad emissioni fuggitive consistenti, anche con velocità di aspirazione elevate; tali emissioni sono localizzate nella zona tra il forno ed il sistema di aspirazione.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3

Inquinante	**BAT**	**Informazioni specifiche**	**Efficienza / emissioni raggiungibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)[1]**
Polveri	Raccolta dei fumi e delle polveri prodotte: sistema di captazione ad anello	La captazione viene realizzata attraverso una aspirazione ad anello, tangenziale al crogiolo del forno, attiva in tutte le fasi di lavoro (anche durante il caricamento).	Medio/alta	Questo sistema non interferisce con le operazioni di carica e permette un buon controllo delle velocità di aspirazione durante le varie fasi di funzionamento del forno.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
Polveri	Raccolta dei fumi e delle polveri prodotte: sistema a cappe mobili.	La captazione è effettuata attraverso cappe mobili che si posizionano nel modo migliore in relazione alle varie fasi operative del forno.	Medio/alta	Questo sistema permette un'ottima raccolta dei fumi durante le operazioni di spillaggio del metallo.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
Polveri	Sistemi di depurazione del gas basati sui filtri a manica.	Il sistema di filtrazione è applicabile alle polveri ed ai fumi convogliati attraverso i vari sistemi di captazione.	Alta 20 mg/m^3	-	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3

Impianto e/o fase produttiva: forni rotativi

Inquinante	BAT	Efficienza	Emissioni raggiungibili	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)
Polveri	Sistemi per la depurazione dei gas basati sui filtri a manica.	Medio-alta	5 – 20 (mg/Nm^3)	Poco diffuso in Italia.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3

Impianto e/o fase produttiva: forni a crogiolo e a tino

Inquinante	BAT	Efficienza	Emissioni raggiungibili	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90
Polveri	Cappe di aspirazione	Medio/alta (captazione)	Correlate al basso carico inquinante che non necessita di sistemi di depolverazione	Applicazione limitata a pochi impianti	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3

Impianto e/o fase produttiva: preparazione delle forme e delle anime

Inquinante	**BAT**	**Efficienza**	**Emissioni conseguibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)[2]**
Polveri	Filtri a tessuto da utilizzare durante le fasi di lavorazione delle sabbie.	Alta	5 – 20 mg/Nm^3	Negli impianti di lavorazione delle sabbie a verde, in relazione alla presenza di umidità, può essere necessario innalzare il punto di rugiada dell'aeriforme mediante appositi bruciatori, per evitare dannose condense sui filtri.	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
Polveri	Depolveratori ad umido da utilizzare durante la formatura con sabbia e argilla	Media/alta-	50 – 100 mg/Nm^3	-	
Ammine	Scrubber con soluzione acida	Media/alta	5 mg/Nm^3	Buona diffusione	20-150[3] mg/m^3

[2] Per i valori limite per inquinanti non specificati nell'allegato II del D.M.12 luglio 1990 bisogna far riferimento ai valori elencati nell'allegato I; in questo il valore massimo di emissione è pari al doppio del valore indicato

[3] Valido per sostanze appartenenti a classi diverse

Inquinante	BAT	Efficienza	Emissioni conseguibili	Applicazioni in Italia	
				Osservazioni	Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)[2]
Ammine	Adsorbimento su carboni attivi	-	5 mg/Nm^3	Non trova applicazione	20-150[4] mg/m^3
Ammine	Postcombustione	-	5 mg/Nm^3	Scarsa applicazione in relazione agli elevati costi energetici	20-150[4] mg/m^3
VOC	Adsorbimento su carboni attivi	99 %		-	50 mg/m^3 (espresse come carbonio totale)
	Postbruciatori	-		Per utilizzare questa tecnica, deve essere presente una quantità minima di inquinante nei gas.	

[4] Valido per sostanze appartenenti a classi diverse

Impianto e/o fase produttiva: colata, raffreddamento e sterratura

Le fasi di colata e di raffreddamento dei getti (nelle produzioni con formatura in sabbia) e di colata ed estrazione (nelle produzioni con colata in conchiglia o a pressione) possono generare vapori dovuti all'effetto di degradazione termica delle sostanze chimiche presenti nella forma (leganti, catalizzatori e distaccanti). Tali emissioni variano in natura e quantità da una fonderia all'altra. Sono costituite da composti gassosi sia organici che inorganici. La fase di serratura, invece, produce principalmente polveri.
Differenti possono essere sia le tecniche di captazione delle emissioni prodotte in tali fasi, sia le tecniche di depurazione applicabili, ove necessarie.

Inquinante	**BAT**	**Efficienza**	**Emissioni conseguibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)**
Polveri	Filtri a tessuto	Medio/alta	< 20 mg/m^3	-	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3 Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
	Cicloni con scrubber ad umido	Media	20 – 150 mg/m^3	-	
VOC	Biofiltri	Buona	-	-	50 mg/m^3 (espresse come carbonio totale) -
	Scrubber con neutralizzazione chimica	Medio/alta	-	-	

Impianto e/o fase produttiva: finitura

Alcune operazioni di finitura eseguite sui getti producono emissioni che necessitano di captazione e convogliamento ad un impianto di depurazione. Le tabelle che seguono individuano l'applicabilità delle tecniche di convogliamento nelle varie operazioni di finitura eseguibili sui getti e delle tecniche di trattamento delle emissioni.

Operazione	**Ventilazione dal tetto**	**Tetto a cupola**	**Cappa rigida**	**Cappa regolabile**	**Cabinatura**	**Depurazione Tipo di impianto**
Taglio a fiamma	X	X	X	X	X	Necessaria: lavaggio – filtro a secco.
Taglio con abrasivo			X	X	X	Necessaria: cicloni – lavaggio – filtro a secco.
Taglio con sega	Non è necessaria la captazione delle emissioni					No
Tranciatura	Non è necessaria la captazione delle emissioni					No
Scalpellatura	Non è necessaria la captazione delle emissioni					No
Molatura	X	X	X	X	X	Necessaria: ciclone – lavaggio – filtro a secco
Burattatura	Non è necessaria la captazione delle emissioni					No
Fresatura	Non è necessaria la captazione delle emissioni					No
Saldatura	X		X	X	X	Necessaria: lavaggio – filtro a secco

Inquinante	**BAT**	**Efficienza**	**Emissioni conseguibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)**
Polveri	Filtro a tessuto	Medio-alta	< 20 mg/Nm^3	-	Alluminio: se F (flusso di massa) > 0,5 kg/h: 20 mg/m^3

	Scrubber	-	20 – 150 mg/m^3	-	Piombo e sue leghe: 10 mg/m^3 Altri metalli:se F > 0,2 kg/h: 20 mg/m^3
VOC	Biofiltri	Buona	-	Non vi sono esperienze applicative	50 mg/m^3 (espresse come carbonio totale)

Impianto e/o fase produttiva: trattamenti termici

Inquinante	**BAT**	**Efficienza**	**Emissioni raggiungibili**	**Applicazioni in Italia**	
				Osservazioni	**Valori limite di emissione (D.M. 12/07/90)**
CO	Controllo automatizzato dei parametri di funzionamento del forno.	-	Molto basse	Le emissioni di questa fase sono dovute al combustibile utilizzato nei forni di T.T.-	

SO_2	Utilizzazione di gas naturale o di combustibili a basso contenuto di zolfo unito ad un controllo automatizzato dei parametri di funzionamento del forno	-	Correlato al contenuto di zolfo del combustibile	Le emissioni di questa fase sono dovute al combustibile utilizzato nei forni di T.T.	800 – 1700 mg/Nm^3
NOx	Controllo automatizzato dei parametri di funzionamento del forno	-		Le emissioni di questa fase sono dovute al combustibile utilizzato nei forni di T.T.	Vedi fig.1, par 19, allegato 2 del 12/07/90

BAT per il controllo delle emissioni in acqua: misure per ridurre la produzione di acque di scarico

BAT	Prestazioni ambientali	Applicabilità	Osservazioni
Utilizzo di sistemi di depolverazione a secco	I sistemi di depolverazione a secco riducono sensibilmente la produzione di acque di scarico. Non possono essere usati se il gas da trattare contiene particelle ultra fini di ossidi metallici.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi.	-

Utilizzo di "scrubber biologici"	Questo tipo di scrubber genera una quantità di acqua di scarico molto minore rispetto agli scrubber convenzionali. Può essere utilizzato quando i gas da trattare contengono sostanze biodegradabili.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi.	-
Riciclo interno dell'acqua di processo	Il riciclo interno dell'acqua diminuisce fortemente la quantità di acque di scarico generate, ma richiede un impianto apposito.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi.	-
Riuso delle acque di scarico trattate	Riduzione del consumo di acqua e delle acque di scarico prodotte, attraverso il riutilizzo, dopo trattamento, per altri impieghi all'interno del ciclo tecnologico.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi	-
Metodi per impedire la formazione di AOX nelle acque di scarico.	L'utilizzo di questa tecnica permette di ridurre la formazione di composti clorati nel ciclo di produzione, attraverso il controllo dei rottami.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi	-
Metodi per tenere le diverse acque di scarico separate tra loro.	Questa tecnica permette di minimizzare il numero di trattamenti necessari per le acque di scarico e ottimizzare l'utilizzo dell'acqua.	Questa tecnica può essere applicata negli impianti esistenti e in quelli nuovi.	-

BAT per il controllo delle emissioni in acqua

BAT	Efficienza	Emissioni conseguibili	Applicazioni in Italia			
			Osservazioni	Valori limite di emissione (mg/l) (D.Lgs.258/2000)		
Trattamento delle acque di scarico dal sistema di depurazione delle emissioni ad umido	-	In relazione al tipo di trattamento attuato.	-		Acque superficiali	Pubblica fognatura
				pH	5.5-9.5	5.5-9.5
				COD	160	500
				BOD5	40	250
				Solidi sospesi	80	200
				Idrocarburi totali	5	10
Recupero delle ammine dalle soluzioni esauste di abbattimento degli scrubber	-	-	In Italia non esistono impianti che effettuano il recupero NB – Le soluzioni di neutralizzazione esauste, vengono trattate come rifiuti	Cr(VI)	0.2	0.2
				Fe	2	4
				Mn	2	4
				Hg	0.005	0.005
				Ni	2	4
				Pb	0.2	0.3
				Cu	0.1	0.4
				Se	0.03	0.03
				Sn	10	-
				Zn	0.5	1.0

BAT per il risparmio energetico

BAT	Descrizione	Applicabilità
Recupero del calore dai forni ad induzione	Circa il 20-30% dell'energia elettrica utilizzata in un forno ad induzione è convertita in calore, ed è poi dissipata attraverso il sistema di raffreddamento. Questo calore che è prodotto può essere riutilizzato per riscaldare dell'aria o dell'acqua da riutilizzare poi nella fonderia	Il recupero di calore può essere applicato sia ad impianti esistenti che nuovi.

BAT per il recupero e il riutilizzo della sabbia

Nelle fonderie che utilizzano sistemi di formatura in terra le sabbie possono essere avviate, dopo la sterratura, al riutilizzo all'interno del ciclo della fonderia (dopo idonei trattamenti) o all'esterno dell'impianto, in alternativa allo smaltimento in discarica, con considerevoli benefici ambientali.

BAT	**Livello di recupero**	**Applicabilità**
Recupero primario della sabbia per riutilizzo nella formatura (sistemi a verde con leganti inorganici)	90 – 94%	Impianti nuovi ed esistenti
Recupero meccanico delle sabbie nei processi con indurimento a freddo	78%	Impianti nuovi ed esistenti
Recupero meccanico mediante sistemi ad abrasione	65 – 75% per le sabbie legate con argilla 90 – 95% per le sabbie legate con leganti chimici	Impianti nuovi ed esistenti
Recupero meccanico con sistemi ad impatto	70 – 80 %	Impianti nuovi ed esistenti
Recupero a freddo con sistemi pneumatici	70 – 80%	Impianti nuovi ed esistenti -
Recupero termico	95%	Per sabbie legate con leganti chimici organici. Impianti nuovi ed esistenti

BAT	Livello di recupero	Applicabilità
Recupero combinato (meccanico-termico-meccanico) per le sabbie con bentonite e leganti organici	75 – 90 %	Impianti nuovi ed esistenti
Rigenerazione ad umido		Applicabile solo alle sabbie legate con leganti argillosi o silicati. Impianti nuovi ed esistenti
Rigenerazione con sistemi pneumatici, delle sabbie con silicato di sodio	60%	Impianti nuovi ed esistenti-
Riciclo delle polvere delle operazioni di distaffatura e movimentazione sabbie, nella terra di formatura	Fino al 50% della polvere è riciclabile (in relazione alla sua composizione)	Impianti nuovi ed esistenti
Riutilizzo esterno della sabbia esausta in alternativa alla messa in discarica Le sabbia non più utilizzabili nella fonderia possono essere impiegate in altre attività	Fino al 100% della sabbia esausta	Impianti nuovi ed esistenti

Livelli di emissione associati alle BAT

Livelli di emissione per la fusione ed il trattamento dell'Alluminio

Tipo di Forno	Parametro	Livello di emissione (mg/Nm^3)
Generale	Polveri	1 - 20
	Cloro	3
Forno a tino (shaft)	SO_2	30-50
	NO_x	120
	CO	150
	VOC	100-150
Forno a riverbero	SO_2	15
	NO_x	50
	CO	5
	TOC	5

Livelli di emissione per formatura in forme in sabbia

Provenienza	**Parametro**	**Livello di emissione (mg/Nm^3)**
Generale	Polveri	5 - 20
Reperto anime	Ammine	5
Unità di rigenerazione	SO_2 NO_x	120 150

Livelli di emissione per formatura in forma permanente

Parametro	**Livello di emissione (mg/Nm^3)**
Polveri	5 - 20
Nebbie oleose (come C totale)	5 - 10

F. APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

Dal confronto tra il contenuto del BRef comunitario e la valutazione del settore nazionale delle fonderie di metalli non ferrosi, non emerge, allo stato attuale, alcuna esigenza di ulteriore approfondimento delle tecniche analizzate nel suddetto documento comunitario.

G. IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

La valutazione del settore nazionale delle fonderie di metalli non ferrosi, non ha richiesto, allo stato attuale, l'identificazione di tecniche alternative rispetto a quelle analizzate nel BRef comunitario.

H. DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

Vengono di seguito rappresentate le Migliori Tecniche Disponibili, con i livelli di emissione e di consumo ad esse associate, considerate compatibili con la definizione di BAT in senso generale.
Le tecniche ed i livelli di emissioni, sono stati verificati attraverso un processo iterativo che include i seguenti passaggi:

- identificazione dei temi ambientali chiave per le fonderie;
- esame delle tecniche più rilevanti da correlare con questi temi;
- identificazione delle migliori prestazioni ambientali, sulla base dei dati disponibili in sede europea e nazionale o da altre fonti;
- esame delle condizioni (costi, condizioni al contorno, modalità di implementazione) sotto le quali questi livelli di prestazioni si possono raggiungere;
- selezione delle BAT e dei livelli di emissioni e/o consumi associati per il settore, definiti in accordo con le indicazioni della Direttiva 96/61/CE e del D.Lgs 372/99.

I livelli di emissione e di consumi associati alle BAT individuate sono da intendersi come il possibile risultato dell'applicazione delle tecniche descritte nel settore delle Fonderie di metalli non ferrosi, tenendo anche in considerazione il rapporto costi - benefici.
Va sottolineato, per una corretta interpretazione ed utilizzo del documento, che le BAT generali indicate in questo capitolo sono da intendersi come punti di riferimento per la valutazione delle prestazioni di impianti esistenti o nuovi, senza escludere la possibilità di ottenere risultati migliori.
In ogni caso, va sottolineato che non vengono fissati standard impegnativi o limiti di emissione; i valori riportati hanno lo scopo di fornire linee guida per l'industria, per gli Stati e per la popolazione sulle prestazioni attese circa i livelli di emissione e di consumi utilizzando quella determinata tecnica, nelle condizioni indicate.
Gli appropriati valori limite per ogni singolo caso andranno determinati dall'autorità competente tenendo conto degli obiettivi della Direttiva IPPC e delle condizioni locali.

L'industria di fonderia è un settore fortemente differenziato; le varie BAT devono essere pertanto adattate ai differenti tipi di installazioni.
La fonderia sostanzialmente è costituita da un'area fusoria e da un area di formatura dei getti, entrambi con il loro flusso di approvvigionamento; per i getti prodotti con sistemi di formatura a perdere, tale catena di approvvigionamenti comprende tutte le attività relative alla realizzazione delle forme e di fabbricazione delle anime.
Nelle citate aree una distinzione deve essere fatta in relazione, rispettivamente, al tipo di metallo fuso, ferroso o non ferroso, ed in merito al tipo di formatura, in forma permanente o in forma a perdere.
Ciascuna fonderia adotta combinazioni e di tecniche fusorie e di sistemi di formatura.
Le BAT sono presentate suddividendole fra quelle applicabili alla fonderia in generale e con riferimento a ciascun specifico tipo di fonderia.

BAT generali per tutti i tipi di fonderie.

Alcuni tipi di BAT sono generali ed applicabili a tutti i tipi di fonderie senza considerare i processi praticati ed i prodotti realizzati.

Essi riguardano il flusso delle materie prime, le operazioni di finitura, il rumore, le acque reflue e la gestione ambientale.

Gestione dei flussi di materiali

Le BAT in questo caso riguardano: la gestione degli stoccaggi, la manipolazione dei diversi tipi di materiali, la minimizzazione del consumo di materie prime attraverso anche il recupero e il riciclaggi dei residui.
Le BAT in particolare riguardano i seguenti punti.

- Stoccaggi separati dei vari materiali in ingresso, prevenendo deterioramenti e rischi per l'ambiente e per la sicurezza.
- Stoccaggio dei rottami e dei ritorni interni su superfici impermeabili e dotate di sistemi di raccolta e trattamento del percolato. In alternativa lo stoccaggio può avvenire in aree coperte.
- Riutilizzo interno dei boccami e dei ritorni.
- Stoccaggio separato dei vari tipi di residui e rifiuti, in modo da favorirne il corretto riutilizzo, riciclo o smaltimento.
- Utilizzo di materie prime e materiali ausiliari forniti sfusi o in contenitori riciclabili.
- Utilizzo di modelli di simulazione, modalità di gestione e procedure per aumentare la resa dei metalli e per ottimizzare i flussi di materiali.

Finitura dei getti

Le BAT riguardano la captazione ed il trattamento, mediante l'impiego di sistemi a secco o ad umido, delle emissioni prodotte nelle fasi di taglio dei dispositivi di colata, di granigliatura e sbavatura dei getti.
I livelli di emissione per le polveri, associati a tali BAT, sono 5-20 mg/Nm^3.
Per i trattamenti termici le BAT riguardano:

- l'utilizzo, nei forni di trattamento, di combustibili a basso contenuto o esenti da zolfo;
- la gestione automatizzata dei forni e del controllo dei bruciatori;
- captazione ed evacuazione dei gas esausti.

Riduzione del rumore e delle vibrazioni

Le BAT riguardano:

- sviluppo ed implementazione di tutte le strategie di riduzione del rumore utilizzabili, con misure generali o specifiche;

- utilizzo di sistemi di chiusura ed isolamento delle unità e fasi lavorative con produzione di elevati livelli di emissione sonora, quali i distaffatori.

Gli aspetti relativi alle vibrazioni dovranno invece essere valutati caso per caso, in relazione alle specifiche realtà industriali ed al contesto territoriale, e non è possibile al momento fornire indicazioni di carattere generale diverse dall'esigenza di un loro contenimento in termini di sorgenti e di effetti, basato sulle tecniche di buona pratica progettuale.

Acque di scarico

Le BAT riguardano:
- la separazione delle diverse tipologie di acque reflue;
- la raccolta delle acque e l'utilizzazione di sistemi di separazione degli oli, prima dello scarico;
- la massimizzazione dei ricircoli interni delle acque di processo, ed il loro riutilizzo, previo trattamento.

Riduzione delle emissioni fuggitive

Le BAT in questo caso riguardano le emissioni non prodotte direttamente nel processo produttivo ma in sezioni di impianto che ad esso sono connesse, come ad esempio gli stoccaggi e la movimentazione dei materiali. Le indicazioni riguardano in questo caso i provvedimenti preventivi e tutti gli accorgimenti da mettere in atto sistematicamente.

Gestione ambientale

Un numero di tecniche di GA, sono considerate come BAT.
Lo scopo, come il livello di dettaglio e la natura dei SGA, sono correlati con la natura, la dimensione e la complessità degli impianti e con il relativo impatto sull'ambiente.
Le BAT consistono nell'adottare e nell'implementare un sistema di gestione dell'ambiente (SGA) con riferimento al caso specifico, che incorpori le seguenti attività:
- definizione da parte dei vertici aziendali, della politica ambientale;
- pianificazione e formalizzazione delle necessarie procedure, implementandole adeguatamente;
- verifica delle prestazioni ambientali, adottando le azioni correttive necessarie;
- riesame periodico, da parte della Direzione, per individuare opportunità di miglioramento.

Tre ulteriori caratteristiche, complementari agli elementi indicati, rappresentano misure di supporto; tuttavia la loro assenza non è incompatibile con le BAT.
Tali elementi sono:
- avere un SGA e procedure di verifica esaminati e validati da un organismo di certificazione accreditato, o da un verificatore di SGA esterno;

- preparazione e pubblicazione di regolari rapporti ambientali che descrivano tutti gli aspetti ambientali significativi dell'installazione e che permettano, anno dopo anno, il confronto con gli obiettivi ambientali, e con dati di settore;
- implementazione ed adesione ad un sistema internazionale di accordi volontari, quali EMAS o UNI EN ISO 14001:1996. Questo passo fornisce una più alta credibilità al SGA utilizzato. In ogni modo, sistemi non standardizzati, possono dimostrarsi egualmente efficaci se correttamente definiti ed implementati.

Specificamente nel settore delle fonderie, è importante considerare anche altri fattori caratterizzanti il SGA:

- prevenzione dell'impatto ambientale derivante dalla futura dismissione dell'impianto alla cessazione delle attività produttive, già in fase di progettazione di un nuovo insediamento che di gestione di impianti esistenti.
- adozione ed implementazione di tecnologie pulite disponibili;
- ove possibile, l'utilizzo di attività di confronto di dati (*bench marking*) strutturato, che includa l'efficienza energetica, la selezione delle materie prime, le emissioni in aria ed acqua, i consumi di acqua e la produzione di rifiuti.

BAT per la fusione di metalli non ferrosi.

Per i metalli non ferrosi, le BAT considerano la fusione dei pani e dei ritorni interni di fonderia, in quanto è ciò che avviene nella pratica quotidiana delle fonderie, che effettuano esclusivamente una *"seconda fusione"* di leghe in pani elaborate dall'industria metallurgica primaria o dai raffinatori.
Le attività di fusione possono essere effettuate con vari tipi di forni.
Le scelte impiantistiche in questo campo sono dettate da criteri tecnico-economici, in relazione alla tipologia di metallo da fondere. In genere forni di grandi dimensioni permettono economie di scala ma d'altro canto possono presentare problemi di rigidità nelle operazioni di fonderia a valle, come la distribuzione del metallo liquido alla colata.
Per la fusione di rame, piombo e zinco e loro leghe, possono essere utilizzati i vari tipi di forni elencati nel capitolo D.
Per la fusione del magnesio sono impiegati solo forni a crogiolo, con l'ausilio di un gas di copertura per prevenire l'ossidazione del metallo liquido.

Forni ad induzione per fusione di alluminio, rame, piombo e zinco

Per questi tipi di forni, le BAT sono le seguenti.

- Utilizzo di energia a media frequenza e, quando si installa un nuovo forno, sostituzione di ogni altra frequenza in uso nei forni, con la media frequenza.
- Valutazione della possibilità di ottimizzazione energetica del processo e implementazione, ove possibile, di sistemi di recupero del calore.
- Minimizzazione delle emissioni in accordo alle prestazioni associate alle BAT e, se necessario, loro convogliamento durante l'intero ciclo di lavorazione ottimizzando i sistemi di captazione e utilizzando sistemi di depolverazione a secco.

Forni rotativi per fusione di alluminio

Per questi forni, le BAT sono le seguenti.

- Implementazione di misure per aumentare l'efficienza del forno.
- Convogliamento delle emissioni del forno e loro evacuazione attraverso un camino, tenendo presente le prestazioni associate alle BAT di seguito specificate.

Forni a suola (a riverbero) per fusione di alluminio

Per questi forni, le BAT sono le seguenti.

- Convogliamento delle emissioni del forno e loro evacuazione attraverso un camino, tenendo presente le prestazioni associate alle BAT di seguito specificate.
- Captazione delle emissioni diffuse, in accordo con le indicazioni delle BAT per le emissioni fuggitive precedentemente trattate. Utilizzo dei sistemi di captazione dei fumi che si possono sviluppare nelle fasi di caricamento del forno, in particolare se la carica è costituita da recuperi e/o rottami sporchi.

Forni a tino (shaft) per fusione di alluminio

Per questi tipi di forni, le BAT sono le seguenti.

- Efficace captazione dei fumi sopra il piano di caricamento del forno.
- Evacuazione dei gas esausti attraverso un camino, tenendo presente le prestazioni associate alle BAT di seguito specificate.

Forno a volta radiante per la fusione di alluminio

Per questi tipi di forni, le BAT sono le seguenti.

- Utilizzo delle BAT per le emissioni fuggitive, come precedentemente descritto, e applicazione di cappe se sussistono condizioni di produzioni di fumi in fase di caricamento di ritorni e/o rottami sporchi.

Fusione e mantenimento in forno a crogiolo di alluminio, rame, piombo e zinco

Per questi tipi di forni, le BAT sono le seguenti.

- Utilizzo delle BAT per le emissioni fuggitive, come precedentemente descritto, e applicazione di cappe se sussistono condizioni di produzioni di fumi in fase di caricamento di ritorni e/o rottami sporchi.

Degasaggio dell'alluminio

Nel degasaggio le BAT consistono nell'adozione di dispositivi di gorgogliamento fissi o mobili, con utilizzo di miscele di gas Ar/Cl_2 o N_2/Cl_2 o di gas inerte.

Fusione del magnesio

Le BAT correlate alla fusione del magnesio, sono le seguenti.

- Utilizzo di SO_2 come gas di copertura in sostituzione dei fluoroderivati SF_6 per impianti con capacità produttiva superiore alle 500 t annue.
- Per gli impianti di più piccole dimensioni, utilizzo come gas di copertura di SO_2 oppure , nel caso di utilizzo di SF_6, adozione di misure per ridurne l'impiego entro i valori associati alle BAT (< 0,9 kg/t di getto nel caso di produzioni in sabbia, e < 1,5 kg/t per produzioni in pressocolata).

Livelli di emissione associati alle BAT

I livelli di emissione (LEA) riportati sono relativi all'applicazione delle BAT indicate; tali livelli sono dati come media nel periodo di misura, alle condizioni standard di riferimento (273 K, 101,3 kPa, gas secco).
Per le polveri i LEA per le fasi di fusione e trattamento del metallo sono compresi tra 1 e 20 mg/Nm^3.
I fattori di emissione associati alle BAT per la emissioni di polveri nel caso di produzione di alluminio sono compresi fra 0,1 e 1 kg/t di Al fuso.
Nel caso il conseguimento dei citati livelli necessiti di un sistema di trattamento delle emissioni, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di depurazione a secco.

Livelli di emissioni associate con l'uso delle BAT nella fusione dell'alluminio		
Tipo di forno	Parametro	Livello di emissione (mg/Nm^3)
Tutti	Polveri	≤ 20
	Cloro	3
A Tino (shaft)	SO_2 NO_x CO SOV	≤ 50 120 150 ≤150
A Suola	SO_2 NO_x CO COT	15 50 5 5

Tecniche di produzione getti con forma persa

In questo paragrafo sono incluse le tecniche di realizzazione delle forme e delle anime con l'impiego di leganti inorganici argillosi (formatura a verde) e di leganti chimici.
Gli elementi BAT sono presentati, oltre che per le citate fasi produttive di formatura, anche per le successive operazioni di colata, raffreddamento e distaffatura, alle quali esse sono interconnesse.

Formatura in terra a verde

La preparazione della terra a verde consiste nel miscelare la sabbia base con additivi e leganti in appositi mescolatori, a pressione atmosferica o sotto vuoto.
Entrambi i metodi sono considerati BAT; i mescolatori sotto vuoto trovano utilizzo in impianti con capacità produttiva della sabbia superiore alle 60 t/h.
Le BAT per gli impianti di preparazione della terra a verde sono le seguenti.

- Chiusura di tutte le unità operative dell'impianto di lavorazione delle terre (griglia vibrante, depolveratori della sabbia, raffreddatori, unità di miscelazione) e depolverazione delle emissioni, in accordo con i livelli di emissione associati alle BAT, riportate nelle tabelle seguenti. Se sussistono idonee condizioni di mercato, le polveri di abbattimento possono trovare un riutilizzo. esterno alla Fonderia Per quanto riguarda le parti fini aspirate nelle diverse postazioni del ciclo di lavorazione e di recupero (distaffatura, dosaggio e movimentazione), le BAT sono rappresentate dalle tecniche che ne consentono il reimpiego nel circuito delle terre.
- Utilizzo di tecniche di recupero delle terre. Le aggiunte di sabbia nuova dipendono dalla quantità di anime presenti e dalla loro compatibilità con le tecniche di recupero impiegate. Per le sole terre a verde, la percentuale di recupero raggiungibile è del 98%. Sistemi con elevate percentuali di anime con leganti incompatibili con il sistema di recupero, possono raggiungere percentuali di riutilizzo fra il 90 e il 94%.

Formatura chimica

Vengono utilizzati vari processi, ciascuno dei quali impiega specifici tipi di leganti., Ogni processo presenta specifiche proprietà e campo di applicazione; tutti possono essere considerate BAT se vengono impiegati secondo le buone pratiche discusse inerenti i controlli di processo e le tecniche di captazione delle emissioni per minimizzarne i livelli.
I livelli di emissione associati alle BAT, sono riportati nelle successive tabelle.
Per la preparazione di sabbie con agglomeranti chimici, le BAT sono le seguenti.

- Minimizzazione dell'utilizzo di resine e leganti, utilizzando sistemi di controllo del processo (manuali o automatici) e della miscelazione. Per le produzioni di serie con frequenti cambi dei parametri produttivi, le BAT consistono nell'utilizzare sistemi di archiviazione elettronica dei parametri produttivi.
- Captazione delle emissioni dalle aree di produzione, di movimentazione e di stoccaggio delle anime, prima della distribuzione.
- Utilizzo di intonaci refrattari a base di H_2O, in sostituzione degli intonaci con solvente ad alcol, per la verniciatura di forme ed anime nelle fonderie con produzioni di media e grande serie.

L'utilizzo di vernici ad alcol rappresenta una BAT nel caso di:

- produzioni di forme ed anime complesse e di grandi dimensioni;
- utilizzo di sistemi con sabbia e silicato di sodio;
- produzione di getti in magnesio.

Per le fonderie con produzioni di piccole serie di getti e per le fonderie con produzioni su commessa, entrambe le predette tecniche di verniciatura rappresentano delle BAT. In

queste tipologie di fonderie lo sviluppo di tecniche con vernici ad acqua è legato alla disponibilità di sistemi di essiccazione a microonde o ad altre tecniche di essiccazione. Quando vengono utilizzate vernici ad alcol, le BAT sono rappresentate dall'utilizzo di sistemi di captazione delle emissioni prodotte (sia fissi che mobili), fatta eccezione per le fonderie con produzione di grossi getti con formatura "in campo", ove le cappe non possono essere utilizzate.

In aggiunta, nel caso di produzione di anime con sistemi a base di resine fenoliche-poliuretaniche indurite con ammina, le BAT prevedono:

- abbattimento delle emissioni prodotte utilizzando idonei sistemi quali: adsorbimento su carbone attivo, abbattitori chimici(scrubber), post combustione, biofiltrazione; le emissioni di ammine possono essere mantenute inferiori a 5 mg/Nm^3;
- recupero delle ammine dalle soluzioni esauste di abbattimento degli impianti chimici, per quantità che rendano sostenibile l'operazione in termini economici;
- utilizzo di resine formulate con solventi a base aromatica o a base vegetale.

Le BAT hanno come obiettivo la minimizzazione della quantità di sabbia avviata alla discarica, utilizzando sistemi di rigenerazione e/o di riutilizzo. Nel caso di rigenerazione si applicano le seguenti condizioni.

- Per le sabbie con leganti con indurimento a freddo (ad esempio sabbie con resina furanica), utilizzo di sistemi di recupero di tipo meccanico, ad eccezione dei processi con silicato di sodio. La resa del processo di recupero, è del 75-80 %.
- Rigenerazione delle sabbie con silicato utilizzando trattamenti termici e pneumatici. La resa del recupero è compresa fra 45 e 85 %. Deve essere ridotto l'utilizzo di esteri a lenta reazione.
- Sabbie derivanti da processi in cassa d'anima fredda (cold box), SO_2, cassa d'anima calda (hot box) e a guscio (shell molding), e miscele di sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando una delle seguenti tecniche: rigenerazione meccanica a freddo (sistemi ad abrasione, sistemi ad impatto, sistemi pneumatici) o rigenerazione termica. La percentuale di recupero raggiungibile, dipende dalla quantità di anime utilizzate. La sabbia rigenerata può essere riutilizzata per la produzione di anime in misura compresa fra il 40 e il 100 %.
- Miscele di terra a verde e sabbie con leganti organici, vengono rigenerate utilizzando processi di recupero meccanico – termico - meccanico, spogliatura per abrasione o pneumatica. La sabbia recuperata può essere riutilizzata per la produzione di anime nella misura dal 40 al 100%, e per la produzione di forme nella misura dal 90 al 100%.
- Monitoraggio della qualità e della composizione delle sabbie rigenerate.
- Recupero delle sabbie all'interno del ciclo solo in sistemi compatibili. Sabbie non compatibili sono tenute separate, per altri tipi di riutilizzo.

Colata, raffreddamento e distaffatura

Le fasi di colata, raffreddamento e distaffatura, producono emissioni di polveri, SOV ed altri composti organici. In queste fasi le BAT sono le seguenti.

- Nelle linee di produzione di serie, aspirare le emissioni prodotte durante la colata e racchiudere le linee di raffreddamento, captare le emissioni prodotte.
- Racchiudere le postazioni di distaffatura/serratura, e trattare le emissioni utilizzando cicloni, associati a sistemi di depolverazione ad umido o a secco.
- Nelle produzioni di grossi getti, colati "in campo o "in fossa", ove il lay out non consente di installare cappe per aspirazione localizzata, realizzare una adeguata ventilazione generale.

I livelli di emissione associati alle BAT sono riportati nelle tabelle successive.

Livelli di emissione associati alle BAT

I livelli di emissione riportati sono relativi all'applicazione delle BAT indicate; tali livelli sono dati come media nel periodo di misura, alle condizioni standard di riferimento (273 K, 101,3 kPa, gas secco).

Livelli di emissione in aria associati all'utilizzo delle BAT, per le fasi di formatura e produzione getti, utilizzando sistemi di formatura a perdere		
Provenienza Emissione	**Parametro**	**Livello di emissione (mg/Nm^3)**
Generale	Polveri	≤ 20
Reparti produzione anime	Ammine	5
Unità di rigenerazione termica	SO_2 NO_X	120 150

Colata in forma permanente

Questa tecnica prevede la colata del metallo liquido in forme metalliche, che vengono aperte dopo solidificazione per procedere all'estrazione del getto e alle successive fasi di lavorazione (finitura). In alcuni processi (colata per gravità in conchiglia o colata a bassa pressione) trovano un limitato utilizzo anime con leganti chimici.

La produzione di getti colata ad alta pressione (HPDC) richiede la verniciatura e il raffreddamento degli stampi, al fine di ottenere una buona solidificazione ed il distacco del getto dallo stampo stesso. Per ottenere questi risultati un agente distaccante ed acqua di raffreddamento vengono spruzzati sullo stampo prima della sua chiusura.

Le BAT per la formatura in forma permanente sono le seguenti.

- Per la formatura (HPDC), minimizzazione dell'uso di agente distaccante e di acqua utilizzando idonei controlli di processo. Questo previene la formazione di nebbie oleose. Se non vengono utilizzate misure di prevenzione, i livelli di emissione di sostanze organiche associati alle BAT sono riportati nelle tabelle successive, e richiedono la captazione e eventuale trattamento.
- Raccolta delle acque reflue per il successivo trattamento.
- Raccolta dei liquidi idraulici eventualmente persi dai circuiti di comando delle macchine, per il loro successivo trattamento (ad esempio utilizzando disoleatori e sistemi di trattamento.

Le BAT per la preparazione delle anime sono del tutto analoghe a quelle già esaminate al punto precedente. Le BAT per la distaffatura ed il trattamento della sabbia dopo colata sono invece differenti, oltre ad avere quantità minori di sabbie di scarto. Le BAT per la sabbia usata nei processi di formatura in forma permanente sono le seguenti.

- Copertura delle unità di eliminazione delle anime e trattamento delle emissioni utilizzando sistemi di depolverazione ad umido o a secco.
- Se esiste un mercato locale, avvio delle sabbie esauste al riciclaggio.

Livelli di emissioni associati alle BAT

I livelli di emissione riportati, sono relativi all'applicazione delle BAT indicate; tali livelli sono dati come media nel periodo di misura, alle condizioni standard di riferimento (273 K, 101,3 kPa, gas secco).

Emissioni in aria, associate all'utilizzo delle BAT per la produzione di getti in forma permanente (compreso HPDC)	
Parametri	**Livelli di emissione (mg/Nm^3)**
Polveri	≤ 20
Nebbie oleose, misurate come C totale	≤ 10

I. ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

Monitoraggio

Nell'accezione d'interesse per il presente documento, con il termine monitoraggio si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica. Esso si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

Spesso il termine monitoraggio viene adoperato in connessione con quello di controllo che ha invece un significato diverso, rappresentando il complesso di azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento o per determinare irregolarità.

Non sfugge al lettore come non possa esserci (o comunque sia abbastanza difficile) azione di controllo senza un'opportuna azione di monitoraggio. Questo giustifica la consuetudine di unire il due termini a rappresentare l'insieme delle procedure e delle tecniche che consentono, per un verso, di mantenere una conoscenza continua e d'insieme sull'evoluzione dei parametri ambientali di rilievo per l'esercizio di un impianto e, per altro verso, di costituire la base informativa per l'azione di verifica di conformità alle normative ambientali vigenti. È evidente quindi che lo stesso monitoraggio trova nel confronto con prescrizioni fissate, siano esse operative e finalizzate all'esercizio corretto degli impianti ovvero normative e finalizzate al contenimento degli effetti inquinanti, la sua principale ragion d'essere.

Liste di inquinanti significativi in aria ed acqua definita in ambito UE

La direttiva IPPC e la Decisione della Commissione europea 2000/479/EC stabiliscono e regolano la costruzione del registro europeo delle emissioni di inquinanti (EPER, *European Pollutant Emission Register*).
Il decreto di recepimento della direttiva IPPC, D.Lgs. n. 372 del 4 agosto 1999, stabilisce la costruzione del registro nazionale delle emissioni inquinanti che alimenta l'EPER.
La UE ha predisposto le linee guida per la realizzazione dell'EPER e successivamente sono state emanate le linee guida ed il questionario nazionale per la realizzazione del registro nazionale delle emissioni inquinanti.
Tali linee guida e questionario costituiscono gli allegati al decreto ministeriale 23 novembre 2001 (G.U. n. 37 del 13 febbraio 2002, supplemento ordinario n.29) che stabilisce "Dati, formato e modalità della comunicazione di cui all'art. 10, comma 1, del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372).
Le linee guida comunitarie e le linee guida nazionali per la costituzione dell'EPER, che nella sua versione nazionale ha assunto la denominazione INES (Inventario delle Emissioni e delle loro Sorgenti), contengono una lista di inquinanti, emessi in aria ed

acqua, ritenuti significativi ai fini della costituzione dei registri delle emissioni (complessivamente 50) e sottoliste di tali inquinanti significative per ciascuna singola categoria IPPC. Ancorché non precisamente indirizzate alla valutazione dell'impatto ambientale delle fonderie, le sottoliste EPER rappresentano comunque un'indicazione di minima delle emissioni di inquinanti che ciascun gestore deve considerare (valutandone l'applicabilità al proprio caso) ed eventualmente dichiarare annualmente, se superiori a determinate soglie.

Nella tabella seguente sono riportati gli inquinanti INES che caratterizzano maggiormente l'attività IPPC 2.5: Impianti:
a) destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici
b) di fusione e lega di metalli non ferrosi, compresi i prodotti di recupero, (affinazione, formatura in fonderia) con una capacità di fusione superiore a 4 tonnellate al giorno per il piombo e il cadmio o a 20 tonnellate al giorno per tutti gli altri metalli.

Ai fini del monitoraggio bisogna considerare, comunque, che questa lista di inquinanti non è esaustiva, poiché per legge vanno monitorati tutti gli inquinanti presenti nell'allegato 1 del 12/07/90.

Inquinante	Metodo di misura	Frequenza di monitoraggio
Polveri (4)	(1) M.U. 811: 88 Determinazione del materiale particellare in flussi gassosi convogliati ad alto tasso di umidità M.U. 402 – Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonda isocinetica - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI EN 13284-1) M.U. 494 - Determinazione del materiale particellare - Prelievo isocinetico con sonde separate: tubo di prelievo e tubo di Pitot - Metodo gravimetrico (metodo recepito come norma UNI 13284	Discontinuo(3)

Ossidi di zolfo (SO_X)	(2) Assorbimento degli ossidi di zolfo e degli ossidi di azoto per gorgogliamento del flusso gassoso in una soluzione alcalina di permanganato di potassio e successiva determinazione analitica, per cromatografia a scambio ionico, dei prodotti di ossidazione ($SO_4^{(2)-}$c NO_3^-)	Discontinuo(3)
Ossidi di azoto (NO_X)		-
Esafluoruro di zolfo (SF_6)	(6)	-
Monossido di carbonio (CO)	(1) M.U 542 - Determinazioni di gas di combustione in flussi gassosi convogliati. Metodo gascromatografico (metodo recepito come norma UNI 9968) M.U 543 - Determinazione del monossido di carbonio in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrofotometrico all'infrarosso (metodo recepito come norma UNI 9969)	Discontinuo(3)(5)
Biossido di carbonio (CO_2)	(6)	-
Ammoniaca (NH_3)	(1) M.U. 632: 84 – Determinazione dcll'ammoniaca – mctodo colorimetrico con reattivo di Nessler	Discontinuo(3)
Composti organici volatili non metanici (COVNM) (totale dei composti organici volatili escluso il metano)	(2) Determinazione di composti organici volatili per adsorbimento su carboni attivi ed analisi gascromatografica Metodo contenuto nella Norma UNI 10493 Determinazione di composti organici volatili (COV) espressi come carbonio organico totale nei flussi gassosi convogliati attraverso il Metodo strumentale automatico con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID). Metodo contenuto nella Norma UNI 10391	Discontinuo(3) (9)
Cadmio (Cd) e composti (totale)	(1) ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U. 723:86 –	Discontinuo(3)
Mercurio (Hg) e composti (totale)		Discontinuo(3)
Cromo (Cr) e composti (totale)		Discontinuo(3)

Piombo (Pb) e composti (totale)	Solubilizzazione del materiale particellare per la determinazione dei metalli mediante tecniche di spettrometria	Discontinuo[3]
Arsenico (As) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Nichel (Ni) e composti (totale)		Discontinuo[3]
Rame (Cu) e composti (totale)		Discontinuo[3] Discontinuo[3]
Zinco (Zn) e composti (totale)	(6)	-
Polifluorocarburi (PFC) (Totale: somma di: CF_4, C_2F_6, C_3F_8, C_4F_{10}, c-C_4F_8, C_5F_{12}, C_6F_{14})	(7)	Discontinuo[3] [7]
Policlorodibenzodiossine e Polidiclorobenzofurani (PCDD + PCDF)	(1) ISTISAN n. 88/19 – Campionamento e dosaggio di microinquinanti in flussi gassosi convogliati M.U 825:89 – Campionamento e determinazione di microinquinanti organici: IPA, PCDD+PCDF, PCB	Discontinuo[3]
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) (Somma dei 6 IPA di Borneff)[8] [10]	(2) Rapporto ISTISAN 97/35 – Determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Metodo gascromatografico.	Discontinuo[3]
Cloro e composti inorganici	[8]Assorbimento dell'acido cloridrico e dell'acido fluoridrico per gorgogliamento del flusso gassoso, preventivamente filtrato, in una soluzione alcalina di idrossido di sodio (NaOH) e successiva determinazione mediante cromatografia a scambio ionico dei prodotti provenienti dalla reazione con idrossido di sodio	Discontinuo[3]
Fluoro e composti inorganici		Discontinuo[3]

Note:

1. il riferimento normativo per il metodo è il DM 12/07/90, tabella 4.1 allegato 4
2. il riferimento normativo per il metodo è il DM 25/08/00. in particolare, i metodi che si riferiscono a questo decreto hanno sostituito alcuni dei metodi riportati nella tabella 4.1 dell'allegato 4 del 12/07/90
3. Ai sensi dell'allegato 4 del DM del 12/07/90, le misure possono essere effettuate con metodi discontinui, tenendo presente che i valori limite di emissione si riferiscono ad un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni più gravose. . Tuttavia, l'autorità competente può prescrivere un monitoraggio in continuo per l'ossigeno, ossidi di zolfo, ossidi di azoto e polveri. Resta inoltre da sottolineare che, ai sensi dell'articolo 4, comma 5 del DM 12/07/90, la valutazione

dei valori di sostanze inquinanti presenti nelle emissioni deve essere effettuata considerando il valore medio dei risultati ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati secondo le indicazioni del manuale UNICHIM 158/88.

4. Nella lista INES è riportato il PM_{10} e non le polveri. i metodi riportati, che permettono la misura delle polveri totali, possono costituire una base per la misura del PM_{10}
5. Gli impianti di potenza termica nominale, per singolo focolare, pari o superiore a 6 MW, devono essere dotati di rilevatori della temperatura nei gas effluenti nonché di un analizzatore per la misurazione e la registrazione in continuo dell'ossigeno libero e del monossido di carbonio (art. 5, comma 1 del DPCM 8 marzo 2002)
6. Secondo quanto riportato nel paragrafo 1.2.14, allegato I (Linee giuda per la dichiarazione delle emissioni), del D.M. 23 novembre 2001, per gli inquinanti non regolamentati dalla normativa nazionale italiana si raccomanda di utilizzare metodi standardizzati internazionalmente accettati. Se si vuole usare un metodo non standardizzato, esso dovrà essere verificato con un metodo standard. Un elenco indicativo dei principali metodi di analisi standardizzati e riconosciuti a livello internazionale elaborati da UNI, CEN, ISO, ASTM (American Society for Testing and Materials) ed EPA, è indicato nel D.M. 23/11/2001 (tab.1.6.8)
7. Nel DM del 12/07/90 sono presenti: trifluorometano e diversi cloro-fluoro e bromo-fluoro carburi.
8. Gli IPA di Borneff sono: Fluorantene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Benzo(ghi)perilene, Indeno(1,2,3-cd)pirene). I metodi di misura indicati nella normativa italiana e riconosciuti a livello internazionale generalmente prevedono la determinazione di un numero di composti maggiori e diversi rispetto a quelli di Borneff.Si può inoltre osservare che nel DM 12/07/1990 sono indicati diversi IPA ma solo 3 dei 6 di Borneff.
9. Nel DM 12/07/1990 sono indicati diversi COVNM appartenenti a classi diverse (allegato I, paragrafo 4); nell'allegato 2 del 12/07/90 (valori di emissione per specificate tipologie di impianti) la determinazione dei COV è prevista come carbonio totale
10. Monitoraggio non previsto dal registro INES per gli impianti di categoria 2.5 a)

Aspetti del piano di monitoraggio specifici per le fonderie

Il piano di monitoraggio ha lo scopo di:

- fornire le informazioni atte a documentare l'attuazione del livello di protezione ambientale richiesto dall'autorizzazione integrata IPPC;
- fornire indicazioni sulle misure ambientali previste per il controllo delle emissioni nell'ambiente, al fine di verificare condizioni di conformità rispetto ai Valori Limite di Emissione (VLE);
- fornire indicazioni in merito alle prestazione ambientali delle tecniche adoperate ed al loro possibile miglioramento;
- fornire dati utili alle comunicazioni aziendali per la costruzione dei registri nazionali e comunitari delle emissioni;
- fornire indicazioni specifiche (frequenze, elaborazione e valutazione dati) sulle modalità di effettuazione delle misure di monitoraggio ambientale.

In generale la scelta dei parametri da monitorare dipende dai processi produttivi, dalle materie prime e dai prodotti chimici usati nel singolo insediamento.

Il piano di monitoraggio, nella selezione dei parametri da considerare e nella formulazione del programma, deve tenere presente i livelli di rischio potenziale di danno ambientale, la probabilità del superamento dei valori limiti di emissione (VLE) e

la gravità delle conseguenze dell'eventuale superamento dei limiti nel contesto del singolo insediamento.

Occorre inoltre considerare, in particolare nella determinazione delle frequenze:

- le caratteristiche tecniche specifiche dell'impianto in questione, la sua ubicazione geografica e le condizioni locali dell'ambiente;
- le condizioni operative del processo produttivo (ad es. processi continui o discontinui) ed i cicli delle varie operazioni;
- l'importanza di situazioni non di regime, quali l'avviamento e l'arresto;
- l'esistenza di un adeguato sistema di gestione ambientale a supporto di una generale affidabilità delle misure.

Le modalità specifiche di monitoraggio possono inoltre essere diverse ed in particolare seguire diversi approcci operativi, anche in funzione dell'affidabilità delle misure stesse e dei relativi tempi e costi.
Si possono in particolare avere.

- Misure dirette
- Parametri sostitutivi
- Calcoli
- Fattori di emissione

Occorre comunque tenere presente che ogni metodo tra quelli sopra indicati, non esclude gli altri e che una eventuale contemporaneità può rafforzare la attendibilità delle rilevazioni.

Gli impianti produttivi normalmente eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri caratteristici del processo produttivo nel suo complesso. L'adozione di misure in continuo deve essere valutata caso per caso in funzione delle specificità ambientali locali ed impiantistiche.

In relazione alle specifiche caratteristiche di ogni singolo insediamento, sarà opportuno che l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale ricerchi con l'azienda interessata la soluzione ottimale per definire un corretto, efficace e realistico piano di monitoraggio e di trasmissione dati.

Alcune indicazioni preliminari da prendere come riferimento possono essere formulate sulla base di quanto riportato nella presente Linea Guida e nello stesso documento BRef originale, tenendo comunque presente alcuni aspetti particolari:

- occorre ad esempio distinguere tra esigenze di confronto tecnologico, tipiche delle performance ambientali riportate nel BRef, e le esigenze di monitoraggio ambientale specifiche degli organi di controllo e delle stesse aziende;
- alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono necessariamente significativi, come nel caso del monitoraggio dell'SOx nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o di altro combustibile a basso tenore di zolfo.

Le tabelle che seguono riassumono i parametri più significativi e le frequenze (puramente indicative) utilizzabili come riferimento di partenza nella definizione del

piano di monitoraggio. Le frequenze di monitoraggio qui proposte corrispondono a situazioni operative standard ed a normale prassi industriale. Esse non devono essere intese come la soluzione migliore per ogni situazione, sono modificabili in ragione di specifiche condizioni locali e prescindono da prescrizioni specifiche contenute nella normativa ambientale (attuale e futura) che deve essere, in ogni caso, rispettata.

Le tabelle seguenti, infine, riguardano le sole emissioni convogliate. Anche le emissioni diffuse e fuggitive costituiscono un aspetto rilevante e dovranno essere monitorate, in funzione dell'efficienza dei sistemi di prevenzione e captazione, tenendo presente che allo stato attuale non esiste un metodo unico e condiviso per la loro valutazione.

EMISSIONI ATMOSFERICHE CONVOGLIATE

Si ritiene opportuno evidenziare, prima di tutto, che:

- metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle sotto riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale e regionale;
- altri parametri previsti dal BRef e dalle liste EPER (vedi paragrafo precedente) potrebbero essere presenti in funzione delle sostanze/preparati utilizzati, e delle caratteristiche del processo e pertanto potrebbero essere oggetto di monitoraggio delle emissioni secondo una tempistica da valutare nel caso specifico; in tale ambito ricade anche il monitoraggio delle diossine, la cui formazione dipende dalle caratteristiche dell'alimentazione, dalla tipologia delle apparecchiature, dal processo;
- il monitoraggio in continuo può essere valutato dal gestore, ed eventualmente concordato con l'autorità competente, per una sua applicazione, in casi particolari, ai punti di emissione di maggiore rilevanza ambientale (sia in termini di portata degli effluenti che di pericolosità degli inquinanti presenti) anche al fine di documentare e garantire il rispetto dei limiti di emissione che saranno fissati per l'impianto.

Processi di stoccaggio/fusione

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Stoccaggio materie prime	Parco stoccaggio materie prime	Acque reflue : • Solidi in sospensione • COD • Oli • Metalli (1)	Semestrale
Fusione	Forno ad induzione a crogiolo Ricercare gli elementi presenti nella lega prodotta	Emissioni: • Polveri • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - mercurio - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • COVNM (come C totale)	Semestrale
Fusione	Forno rotativo Ricercare gli elementi presenti nella lega prodotta	Emissioni: • Polveri totali • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - mercurio - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di zolfo (SO_X) (2) • Ossidi di azoto (NO_X) • COVNM (come C totale)	Semestrale
Fusione	Forno a suola (forno a riverbero) Ricercare gli elementi presenti nella lega prodotta	Emissioni: • Polveri • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - mercurio - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • COVNM (come C totale)	Semestrale

Fusione	Forno a tino Ricercare gli elementi presenti nella lega prodotta	Emissioni: • Polveri • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - mercurio - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di zolfo (SO_X) (2) • Ossidi di azoto (NO_X) • COVNM (come C totale)	Semestrale
Fusione	Forno a crogiolo (con riscaldamento a combustibile) Ricercare gli elementi presenti nella lega prodotta	Emissioni: • Polveri • Metalli: - Cadmio - Nichel - Piombo - mercurio - Arsenico - Rame - Cromo - zinco • Silice libera cristallina • Monossido di carbonio • Ossidi di zolfo (SO_X) (2) • Ossidi di azoto (NO_X) • COVNM (come C totale)	Semestrale
Trattamento del metallo		• Acido cloridrico (3) (4) • Acido fluoridrico (3) (4) • Ammoniaca (3) (4) • Esafluoruro di zolfo - SF_6 (5) • Anidride solforosa – SO_2 (5)	Semestrale

(1) Monitorare gli elementi presenti nelle materie prime utilizzate.
(2) Solo per utilizzo di combustibili contenenti zolfo.
(3) Nella fase di affinazione del metallo.
(4) Composti presenti nei prodotti utilizzati per il trattamento del metallo : degasaggio, affinazione, flussaggio.
(5) Composti presenti durante l'affinazione di leghe di Mg.

Processi di formatura con forme in sabbia (a perdere)

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Formatura	Formatura "a verde"	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale
	Ciclo recupero terre	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale
Formatura	A guscio (shell molding)	Emissioni: • Polveri totali • Fenolo • Formaldeide • Ammoniaca	Semestrale
	Resine alcalino – fenoliche	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Formiato di metile (6) • Esteri (7)	Semestrale
(6) processi con indurimento per gasaggio – (7) processi autoindurenti			
Formatura	Resine fenolico – uretaniche	Emissioni: • Fenolo • Isocianato (MDI) • ammina (6)	Semestrale
(6) processi con indurimento per gasaggio			
Formatura	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Alcol furfurilico • Idrogeno solforato	Semestrale
Formatura	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	Emissioni: • Fenolo • Formaldeide • Alcol furfurilico • Ammoniaca	Semestrale
Verniciatura forme/anime	Verniciatura	Emissioni: • SOV	Semestrale
Colata / raffreddamento	Formatura "a verde"	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • SOV • Benzene	Semestrale
Colata/ raffreddamento	A guscio (shell molding)	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Fenolo • Ammoniaca • Aldeidi • Benzene • IPA	Semestrale

Colata / raffreddamento	Resine alcalino - fenoliche	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Fenolo • Formaldeide • SOV	Semestrale
Colata / raffreddamento	Resine fenoliche - uretaniche	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Ossidi di azoto • Formaldeide • Fenolo • Ammoniaca • SOV	Semestrale
Colata / raffreddamento	Resine furaniche / fenoliche (catalizzatori acidi)	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Formaldeide • Fenolo • Ammoniaca • Anidride solforosa • SOV	Semestrale
Colata / raffreddamento	Processi con resine termoindurenti (Hot box)	Emissioni: • Polveri totali • Monossido di carbonio • Ossidi di azoto • Formaldeide • Fenolo • SOV • Ammoniaca	Semestrale
Colata / raffreddamento	Silicato / esteri	Emissioni: • Monossido di carbonio • Acido acetico • Acetone • acroleina	Semestrale
Distaffatura / sterratura	Distaffatura / sterratura	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale
	Recupero sabbie	Emissioni: • Polveri totali • SOV (8)	Semestrale

(8) Per processi di recupero a caldo

Processi di formatura con forma permanente

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Colata per gravità o in bassa pressione		Emissioni: • Polveri (9) • SOV (9)) • Fenolo (10) • Formaldeide (10)	Semestrale
(9) dovute all'applicazione di prodotti distaccanti (10) nel caso di utilizzo di anime in sabbia (shell molding)			
Pressocolata		Emissioni: • Polveri (11) • Nebbie oleose (11) • SOV (11)	Semestrale
(11) le emissioni differiscono in relazione ai prodotti distaccanti utilizzati			
Finitura	granigliatura	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale
	Sbavatura / molatura	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale
	Taglio materozze / attacchi	Emissioni: • Polveri totali	Semestrale

Trattamenti di depurazione delle emissioni in atmosfera

FASE PRODUTTIVA	IMPIANTO E/O PROCESSO	PARAMETRO	FREQUENZA
Varie	Filtro a tessuto	Pressione differenziale filtro Temperatura fumi	Continuo
	Abbattitori chimici (scrubber)	PH soluzione di lavaggio	Continuo
	Biofiltro - bioscrubber	COD soluzione di lavaggio	Continuo

SCARICHI IDRICI

Parametri emissioni in acqua	Unità di misura	Frequenza
pH		1÷3 mesi
Temperatura	°C	1÷3 mesi
Metalli tipici della produzione (es.: Pb, Zn, Cd, Cu, As, Hg)	mg/l	1÷3 mesi
Parametri della tabella 3 all. 5 del D Lgs 152/99 se presenti	mg/l	1÷3 mesi
COD	mg/l	1÷3 mesi
Solidi sospesi totali	mg/l	1÷3 mesi
Altri parametri previsti dal decreto legislativo 152/99 e dalla lista EPER, di cui sia ammissibile riscontrare la presenza	mg/l	3÷12 mesi
Metalli e sostanze tipiche della produzione possono avere tempistiche di monitoraggio diverse da quelle riportate qualora specificamente indicate nella normativa nazionale		

Nel caso degli effluenti liquidi il monitoraggio in continuo può essere valutato e può essere applicato a parametri quali pH, temperatura e conducibilità, mentre non è tecnicamente attuabile per le determinazioni sui parametri chimici, quali metalli pesanti, solfati e cloruri.

MONITORAGGIO DEI RIFIUTI

Ai fini del monitoraggio, per i rifiuti prodotti dall'impianto oppure in ingresso all'impianto autorizzato, il gestore provvede a registrare e detenere, per un adeguato periodo di tempo, i seguenti elementi:

- la composizione;
- la migliore stima/pesata della quantità prodotta;
- i percorsi dello smaltimento;
- la migliore stima della quantità inviata al recupero;
- registri di carico e scarico, formulari di identificazione dei rifiuti, autorizzazioni degli impianti di smaltimento.

K. DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Considerazioni generali

Le informazioni contenute in questo documento sono da intendere come un riferimento per la determinazione delle MTD nei singoli casi specifici. Le tecniche che vengono presentate e i livelli di emissione e di consumi energetici e di materiali ad esse associati dovrebbero essere considerate come un'indicazione generale e una sorta di base tecnica da consultare nel momento del rilascio di un'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) basata sulle MTD.

La determinazione di appropriate condizioni da prescrivere nel rilascio dall'AIA dovrebbe tener conto, infatti, di fattori locali e specifici del sito, come le caratteristiche tecniche dell'insediamento produttivo interessato, la sua localizzazione geografica e le specifiche condizioni ambientali. Nel caso di impianti esistenti, inoltre, si dovrebbe prendere in considerazione la fattibilità tecnico/economica dell'introduzione di una tecnica indicata in questa guida come MTD, ricordando che essa è definita come tale solo in senso generale. Le tecniche e i livelli di performance ambientale indicati non sono perciò necessariamente da considerare appropriati per tutti i tipi di impianti, anche se possono essere ritenuti validi per un'ampia casistica.

L'elenco delle MTD riportate nel presente documento, così come nel BRef, non può essere considerato esaustivo. Nell'applicazione al caso concreto si dovrà quindi anche valutare la reale applicabilità delle tecniche, oltre alla possibilità di disporre di tecniche alternative parimenti efficaci. Pertanto l'individuazione delle MTD applicate ed applicabili in un singolo impianto deve necessariamente partire da una valutazione preliminare dell'impianto produttivo, che l'azienda dovrà svolgere e successivamente sottoporre all'amministrazione tramite la domanda di autorizzazione.

Tale valutazione, da parte dell'azienda, deve essere finalizzata alla illustrazione dei processi condotti nel sito produttivo e delle conseguenti prestazioni ambientali. In questa fase dovranno quindi essere individuate le differenti fasi produttive, le apparecchiature installate, le materie prime impiegate. Tutto ciò avrà infatti influenza sulle tecniche applicabili e sulle emissioni prodotte.

La fase successiva richiede la valutazione degli aspetti ambientali significativi sui quali concentrare l'attenzione, nell'ambito di un approccio integrato. In questo senso, è necessaria una valutazione dei flussi di materia ed energia in ingresso ed in uscita dallo stabilimento. Ulteriori valutazioni dei flussi, suddivise per singole fasi di lavorazione, possono rendersi utili o necessarie per utenze di particolare impatto, nel caso in cui su tali utenze sia possibile ottenere un miglioramento ambientale sensibile ed importante. Per l'identificazione dei parametri significativi ci si può riferire a quanto già disponibile in letteratura, verificandone la congruenza nel caso specifico.

A questo punto l'azienda sarà in grado di identificare le MTD, o altre tecniche alternative, già applicate nello stabilimento e valutare le eventuali possibilità di

intervento, in particolare nei settori ambientali che dovessero essere emersi come più significativi nella valutazione precedente. Alla identificazione, da parte dell'azienda, di possibili tecniche integrative si deve associare la valutazione dell'applicabilità tecnica ed economica nella realtà specifica.

Criteri di individuazione ed utilizzo.

In sintesi le MTD sono individuate con un procedimento iterativo che prevede i seguenti passaggi:

- identificazione delle problematiche ambientali chiave correlabili al settore;
- analisi delle tecnologie più importanti per affrontare le problematiche identificate;
- identificazione dei migliori livelli di performance ambientali sulla base di dati storici del settore a livello europeo e mondiale;
- esame delle condizioni che consentono il raggiungimento dei citati livelli di performance: costi, situazione di contaminazione incrociata, eventuali specifici benefici che promuovano l'attuazione delle tecnologie identificate;
- selezione delle MTD e dei livelli di emissione o di consumo loro associati.

Si richiama che per le MTD presentate e, per quanto possibile, per le emissioni ed i consumi ad esse associate, valgono le seguenti considerazioni.

- Deve esser opportunamente valutata l'applicazione della singola tecnica su impianti nuovi od esistenti. Gli impianti esistenti si avvicineranno alle condizioni previste dalle MTD in funzione, caso per caso, della pratica applicabilità, dal punto di vista tecnico ed economico, delle tecniche considerate. In generale, le performance ambientali associate alle MTD sono da intendersi come performance prevedibili a seguito dell'applicazione delle tecnologie considerate su impianti di nuova realizzazione ed alle quali dovranno tendere, nel tempo, le tecniche già applicate agli impianti esistenti.
- È opportuno considerare l'età complessiva delle installazioni cui le tecniche sono applicate.
- Il livello di evoluzione tecnologica e progettuale corrispondente all'epoca della loro realizzazione, in quanto una medesima tecnologia è a sua volta soggetta ad un progresso tecnologico continuo.
- Eventuali livelli di performance ambientale (emissioni e consumi), associati a MTD di settore, devono essere intesi come performance massime prevedibili applicando una determinata tecnologia; ma va valutato adeguatamente l'equilibrio costi/benefici e tenute sempre presenti le condizioni di riferimento (ad esempio i periodi per la valutazione dei valori medi). Essi non sono, e non devono essere, considerati alla stregua di valori limite di emissione o di consumo.
- Le MTD vanno considerate come riferimenti e orientamenti generali per valutare la performance di impianti esistenti o la proposta di nuove installazioni, in vista della definizione di condizioni di funzionamento o di vincolo appropriate.
- Gli impianti esistenti si avvicineranno alle condizioni previste dalle MTD in funzione, caso per caso, della pratica applicabilità, dal punto di vista tecnico ed economico, delle tecniche considerate.

- La definizione e l'adozione delle MTD richiede una precisa metodologia, in quanto esse sono influenzate da numerosi fattori di carattere locale, quali ad esempio la disponibilità di materie prime e la loro qualità, la compatibilità con sistemi di abbattimento efficaci e la possibilità di ridurre al massimo i consumi di acqua e la generazione di rifiuti.

Il documento sottolinea inoltre la necessità, nell'adozione delle MTD, di attenersi ai seguenti principi:
- una volta adottata una tecnica classificabile come MTD, perché la tecnica sia veramente tale è necessario che sia gestita nella maniera più corretta in modo che il beneficio ambientale non venga a diminuire o a interrompersi nel tempo;
- il concetto di MTD va applicato a tutta la catena di gestione delle attività, onde evitare che il beneficio ambientale di una misura presa all'inizio venga cancellato da una gestione a valle a bassa efficacia ambientale.

Come accennato, per determinare l'applicabilità di una tecnica è necessario verificare il contesto in cui opera l'azienda e la coerenza con i principi delle MTD, sulle quali si fonda la direttiva stessa.

A tale riguardo ricordiamo che nell'allegato IV della direttiva 96/61/CE e dello stesso d.lgs 372/99 si elencano le considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle MTD, tenuto conto dei costi e dei benefici, così riassunti.
1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti.
2. Impiego di sostanze meno pericolose.
3. Sviluppo di tecniche per il ricupero e il riciclo delle sostanze emesse e usate nel processo, e, ove opportuno, dei rifiuti.
4. Processi, sistemi o metodi operativi comparabili, sperimentati con successo su scala industriale.
5. Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico.
6. Natura, effetti e volume delle emissioni in questione.
7. Date di messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti.
8. Tempo necessario per utilizzare una migliore tecnica disponibile.
9. Consumo e natura delle materie prime ivi compresa l'acqua usata nel processo e efficienza energetica.
10. Necessità di prevenire o di ridurre al minimo l'impatto globale sull'ambiente delle emissioni e dei rischi.
11. Necessità di prevenire gli incidenti e di ridurne le conseguenze per l'ambiente;
12. Informazioni pubblicate dalla Commissione ai sensi dell'art. 16, paragrafo 2, o da organizzazioni internazionali (ad esempio il BRef e questa stessa linea guida).

In questa fase è inoltre necessario tenere in considerazione la legislazione nazionale e regionale di riferimento, la presenza di idonee infrastrutture e servizi e la localizzazione del sito.

Alcuni esempi dell'importanza di tali valutazioni sono la disponibilità nella zona di strutture idonee al trattamento dei residui di produzione, la qualità e le caratteristiche delle varie metrici ambientali, la presenza di centri abitati od aree protette in prossimità dello stabilimento.

E' quindi opportuno procedere con la valutazione dei benefici ambientali attesi con l'applicazione della tecnica, non solo in termini di prestazioni teoriche, ma anche in funzione della reale operatività nel tempo. I benefici andranno valutati secondo un approccio integrato, al fine di evitare il trasferimento di inquinamento da un settore ambientale ad un altro.

Ai benefici ambientali ottenibili dovranno essere rapportati i costi derivanti, per verificarne la congruità. Nella valutazione dei benefici si dovrà tenere in considerazione le priorità definite, in campo ambientale, a livello territoriale e nazionale, dalle Autorità competenti e la significatività dell'intervento rispetto ad esse. L'Amministrazione dovrà rendere disponibili all'azienda le informazioni sullo stato del territorio in cui è collocata l'attività produttiva, per permettere a quest'ultima una corretta valutazione.

Nella valutazione economica è invece necessario tenere conto della situazione economica, della capacità competitiva dell'impresa sul proprio mercato di riferimento e delle economie di scala ottenibili.

Per gli impianti esistenti, inoltre, si dovranno considerare i costi aggiuntivi dovuti alla perdita di produzione causata dalle fermate necessarie per le modifiche impiantistiche e la messa a punto.

Infine l'applicabilità della MTD è condizionata alla compatibilità tecnica con le strutture esistenti, alla disponibilità di spazio e alla qualità richiesta dal prodotto. La verifica della compatibilità tecnica ed economica è una fase particolarmente critica, in quanto riassume tutte le specificità dell'impianto produttivo a cui ci si riferisce e pertanto non è possibile trovare le informazioni necessarie se non all'interno del sito stesso.

I tempi di attuazione, infine, dipendono dall'impatto che la tecnica ha sull'intero processo. In questo senso le tecniche che intervengono sul processo richiedono tempi di applicazione e affinamento maggiori. Questo vuol dire che possono sussistere interventi per i quali le aziende devono programmare gli investimenti con gradualità e con prospettive a lungo termine.

Una volta identificata la migliore combinazione di MTD, o tecniche alternative, applicabili all'unità produttiva, l'Autorità competente potrà verificarne la coerenza con i principi della direttiva ed i requisiti di legge e definire le eventuali prescrizioni che dovranno essere inserite nell'autorizzazione integrata ambientale. Per quanto detto in precedenza, tali prestazioni saranno specifiche per ogni impianto produttivo e dovranno mantenere la loro coerenza con tutte le altre disposizioni di legge applicabili alla realtà produttiva in oggetto.

Occorre, infine, richiamare l'attenzione del lettore sul fatto che l'utilizzo di una tecnica per la riduzione al minimo dell'impatto ambientale deve necessariamente essere accompagnata da un adeguato sistema di gestione ambientale e di verifica delle condizioni operative. L'installazione di una tecnica, infatti, non è sufficiente ad assicurare il conseguimento della prestazione in modo continuativo se non è supportata da un sistema che garantisca l'affidabilità degli impianti e delle attrezzature e che preveda procedure operative adeguate alle diverse condizioni operative e tempi efficaci di rilevazione e reazione ad eventuali scostamenti dalle condizioni volute.
In sede di definizione dell'atto di autorizzazione integrata ambientale, per i singoli insediamenti, dovranno essere accertate le condizioni generali di gestione e di controllo dell'affidabilità impiantistica.

L Glossario (definizioni, abbreviazioni ed acronimi)

Audit	Strumento della gestione ambientale, di sicurezza e salute, utilizzato secondo una specifica procedura, che ha lo scopo di verificarne l'efficienza di organizzazione, il raggiungimento degli obiettivi fissati e l'individuazione di eventuali azioni correttive.
Autocontrollo (*automonitoraggio*)	Monitoraggio eseguito dal gestore in accordo con il piano di controllo stabilito nella/e autorizzazione/i. Può includere il monitoraggio delle emissioni, dei parametri di processo e degli impatti sull'ambiente recettore. I gestori possono anche affidare il loro autocontrollo ad un soggetto esterno.
Autorità competente	Si intende qui competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, la medesima autorità statale competente al rilascio del provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale ai sensi della vigente normativa o l'autorità individuata dalla regione, tenuto conto dell'esigenza di definire un unico procedimento per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale.
Autorità di controllo	È in generale l'autorità competente per l'effettuazione dei controlli ambientali ovvero le agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente incaricate dall'autorità competente, ove previsto, di accertare la corretta esecuzione del piano di controllo e la conformità dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA.
Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) (*permesso*)	Una decisione scritta (o più decisioni) o parte di essa che contiene l'autorizzazione a gestire tutto o una parte dell'impianto, fissando le condizioni che garantiscono che l'impianto sia conforme ai requisiti della Direttiva 96/61/CE. Una autorizzazione/permesso può coprire uno o più impianti o parti di impianti nello stesso sito gestiti dallo stesso operatore.
BAT	Best Available Techniques
BOD (Biological Oxygen Demand)	Misura dell'inquinamento organico. Indica la quantità di ossigeno utilizzato dai microrganismi per unità di volume di acqua ad una data temperatura per un dato tempo.
BRef	BAT Reference Document
CO (monossido di carbonio)	È un gas che si produce da una combustione che avviene in carenza di ossigeno. È tossico per l'uomo in quanto si lega all'emoglobina del sangue in modo irreversibile al posto delle molecole di ossigeno.
CO_2 (anidride carbonica)	È un gas che si produce dalla combustione di materiale organico. È costituente fondamentale del ciclo vegetale (fotosintesi clorofilliana). È trasparente alla luce solare e assorbe le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre (effetto serra).
COD (Chemical Oxygen Demand)	È l'indice della quantità di sostanza organica e inorganica presente negli scarichi idrici e quindi del loro potenziale inquinamento.
Combustione	È la reazione di sostanze organiche che avviene in presenza di ossigeno che ha come prodotti di reazione principalmente ossidi di carbonio, acqua e calore.

Desolforazione	È il trattamento delle frazioni gassose che consiste nell'estrazione dei composti solforati a carattere acido (acido solfidrico e mercaptani).
EMAS	Eco Management and Audit Scheme.
Emissione	È il risultato dell'immissione nell'ambiente di inquinanti a seguito di attività umane.
Emissione convogliata	Avviene attraverso camini allo scopo di facilitarne la dispersione in aria.
Emissione fuggitiva	È prodotta in modo involontario da perdite di componenti degli impianti di lavorazione o dai serbatoi di stoccaggio.
EPER	European Pollutant Emission Register.
Gestore *(esercente)*	Qualsiasi persona fisica o giuridica che detiene o gestisce l'impianto.
GPL	Gas di petrolio liquefatto: miscela di idrocarburi cosituita prevalentemente da butano e propano, presenti allo stato liquido o gassoso in relazione alla temperatura e pressione.
Impianto	Unità tecnica permanente dove vengono svolte una o più attività elencate nell'Allegato I della Direttiva IPPC, e ogni altra attività direttamente associata che abbia una relazione tecnica con le attività intraprese in quel sito e che potrebbe avere conseguenze sulle emissioni e sull'inquinamento.
INES	Inventario nazionale delle emissioni e delle loro sorgenti (è la versione italiana dell'EPER).
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici.
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control.
Monitoraggio	Controllo sistematico delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di un'emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica ecc. Ciò si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.
MTD	Migliore tecnica disponibile
NO_X (ossidi di azoto)	Sono composti gassosi costituiti da azoto e ossigeno. In atmosfera fanno parte dei precursori dello smog fotochimico e dopo l'SO_2 sono i principali responsabili delle piogge acide.
Piano di controllo	È l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto o di uno stabilimento, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella/e autorizzazione/i.
Polveri o PST (Particolato Sospeso Totale)	È costituito da particelle solide in sospensione in aria. Per la maggior parte è materiale carbonioso incombusto che può adsorbire sulla sua superficie composti di varia natura. La frazione di particolato più fine (PM_{10}) con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm può essere inalato ed arrivare ai polmoni diventando potenzialmente pericoloso per la salute umana.

Allegato VI

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

6.1 *Impianti industriali destinati alla fabbricazione:*

a) di pasta per carta a partire dal legno o da altre materie fibrose;

b) di carta e cartoni con capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno.

IPPC

(PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATE DELL'INQUINAMENTO)

DECRETO LEGISLATIVO 372/99 (art. 3, comma 2)

ELEMENTI PER L'EMANAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Categoria IPPC 6.1: impianti industriali destinati alla fabbricazione:
a) di pasta per carta a partire dal legno o da altre materie fibrose;
b) di carta e cartoni con capacità di produzione superiore a 20 tonnellate al giorno.

INDICE DEL DOCUMENTO

A. PREMESSA

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.
Questo documento presenta la proposta del GTR "carta ed affini", istituito il 4 giugno 2003 con la seguente composizione:

- ing. Alfredo Pini (APAT, coordinatore) e ing. Pasquale Di Franco (ENEA), designati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott.ssa Biancamaria Pietrangeli (ISPESL) e dott.ssa Maria Rosaria Milana (ISS), designate dal Ministero della salute
- ing. Giuseppe Di Masi, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Massimo Medugno (Assocarta) e dott. Massimo Ramunni (Assocarta), designati da Confindustria.

Ai lavori del GTR "carta ed affini" hanno preso parte anche funzionari a supporto dei membri designati ed esperti nel settore. In particolare, ai lavori del GTR "carta ed affini" hanno contribuito:

- ing. Maurizio Anlero, ing. Lido Ferri, ing. Sabatino Bucci ed ing. Pietro Armellini in qualità di esperti;
- prof. Maurizio Boccacci (Università di Roma La Sapienza – Dip. Controllo e gestione delle merci e del loro impatto sull'ambiente) in qualità di esperto;
- ing. Fabiana Eva (ARPA - FVG) in qualità di esperto;
- ing. Michele Ilacqua (APAT), ing. Nazzareno Santilli (APAT), ing. Alessia Usala (APAT) in qualità di esperti;
- sig.ra Anna De Luzi (APAT) per la segreteria del gruppo.

Nelle sue prime riunioni il GTR "carta ed affini" (d'ora in poi semplicemente GTR) ha inteso delineare gli scopi e gli obiettivi del proprio lavoro che si possono così sintetizzare:

- gli elementi che il GTR proporrà alla Commissione Nazionale MTD avranno la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze tecnologiche nel settore sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione;
- in quanto strumento di approfondimento delle conoscenze il prodotto del GTR non conterrà indicazioni su "limiti di emissione", essendo questi ultimi il risultato di un processo di valutazione che deve tenere in conto aspetti specifici dell'industria che si autorizza e del sito su cui tale industria opera; la proposta di

linea guida del GTR conterrà piuttosto un'elenco di tecniche disponibili ritenute le migliori oggi utilizzabili sia dal punto di vista tecnico che economico e delle prestazioni ambientali che sono conseguibili con le tecnologie proposte; le prestazioni saranno presumibilmente indicate sotto forma di intervalli di valori, in analogia con quanto fatto nel BRef comunitario;

- il prodotto del GTR non conterrà indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede;
- il prodotto del GTR conterrà invece gli elementi del monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici del settore, lasciando gli elementi generali per la definizione del piano di monitoraggio e controllo dell'azienda alla linea guida generale sui "sistemi di monitoraggio".

Il GTR ha inoltre discusso e concordato un'impostazione relativa all'analisi costi-benefici delle MTD che saranno valutate. In una visione del rapporto costi-benefici che include i costi ed i benefici sia per le industrie che per la collettività, il GTR ha ritenuto che la fattibilità economica sia per definizione una valutazione che deve essere effettuata caso per caso e da colui che ha la competenza per l'individuazione della specifica tecnica. Il GTR ha individuato molte ragioni a sostegno di questo assunto. Vale la considerazione che una fattibilità economica non può prescindere dalla realtà aziendale che viene trattata (quanto meno per la dimensione dell'azienda), non può prescindere dalla collocazione territoriale degli impianti (per la definizione dei costi ovvero dei benefici sociali e per la valutazione della presenza di infrastrutture sul territorio che consentono determinate scelte aziendali). Poiché il prodotto richiesto al GTR è il complesso degli elementi per la definizione di una "linea guida", si ritiene che esso possa comprendere solo alcune indicazioni propedeutiche all'effettuazione dell'analisi di fattibilità del tipo costi/efficacia.

Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.

L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techiniques Reference documents (BRefs)*. L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del ministero dell'Ambiente.

Per il settore della carta è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry - December 2001" disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es.

Nei riferimenti al BRef, nel seguito questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).

B. IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DI SETTORE

La ricognizione normativa proposta in questo paragrafo intende indirizzare il lettore verso le norme rilevanti della vigente legislazione ambientale, in relazione allo specifico settore della produzione di carta ed affini, con particolare riferimento a quelle norme che prevedono autorizzazioni ambientali.
L'obiettivo è quello di dare un panorama completo a livello nazionale e, per quello locale, di indicare almeno le competenze e la possibile esistenza di norme di attuazione.
L'elenco che viene presentato nel seguito non ha alcuna pretesa di completezza né può essere adottato nei procedimenti autorizzativi come riferimento unico ed esauriente, tanto più che esso non comprende una parte di normativa, quella di genesi regionale, che comunque deve essere presa in considerazione e rispettata nell'esercizio delle attività suddette.

L'industria della carta è una tipica industria di processo che trova nelle discipline in materia di acqua, di aria e di rifiuti i principali riferimenti normativi. In questi ambiti sono disciplinate le corrispondenti autorizzazioni da ricomprendere nelle Autorizzazione Integrata Ambientale.
A queste discipline vanno aggiunte quella disciplina in materia di rumore (che non dà luogo ad autorizzazioni) e, in via del tutto eccezionale (un solo caso in Italia), quella in materia di rischi rilevanti. Quest'ultima, proprio in ragione della sua eccezionalità non verrà trattata. Peraltro, dall'Autorizzazione Integrata Ambientale è esclusa la Direttiva 96/82 in materia di rischi di incidenti rilevanti (art. 4, comma 10 DLgs n. 372 cit.)

Con riferimento alle autorizzazioni ambientali sostituite dall'AIA, va ricordato l'art. 22 della recente Legge Comunitaria 2003 (L. 31 ottobre 2003, n. 306 "Disposizioni per l'adempimento di obblighi comunitari derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003", in Gazzetta Ufficiale n. 266 del 15-11-2003- Suppl. Ordinario n. 173), che prevede una delega per un decreto legislativo in materia di IPPC.
Detto decreto, oltre ad estendere l'autorizzazione IPPC anche agli impianti nuovi (il DLgs 372/99 riguarda solo gli "esistenti"), espliciterà le autorizzazioni ambientali assorbite dall'AIA, adeguando quest'ultima con la normativa sulle industrie insalubri.(1)

---

(1) **Art. 22.** (*Delega al Governo per l'integrale attuazione della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento*).
1. Il Governo è delegato ad adottare, entro un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge, un decreto legislativo per l'integrale attuazione della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, mediante modifiche al decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, in base ai seguenti principi e criteri direttivi:
a) estensione delle disposizioni del citato decreto legislativo n. 372 del 1999, limitate agli impianti industriali esistenti, anche ai nuovi impianti e a quelli sostanzialmente modificati, anche tenendo conto di quanto previsto dall'articolo 77, comma 3, della legge 27 dicembre 2002, n. 289;
b) indicazione esemplificativa delle autorizzazioni già in atto, da considerare assorbite nell'autorizzazione integrata;
c) adeguamento delle previsioni di cui agli articoli 216 e 217 del testo unico delle leggi sanitarie, di cui al regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265, alla normativa nazionale e comunitaria in materia di autorizzazione integrata ambientale.

All'industria cartaria sono applicabili, inoltre, il regolamento europeo sull'adesione volontaria ad un sistema di ecogestione e audit (EMAS) e quello di assegnazione di un marchio di qualità ecologica (Ecolabel). Benché quest'ultimo, abbia incontrato una soddisfacente applicazione in Italia nell'industria della carta, è del tutto estraneo ai fini del presente lavoro in quanto riguarda il prodotto finale (carte per usi igienici e sanitari e carte grafiche) e non il processo - sebbene ai fini della concessione del marchio – sia necessario procedere proprio a audit sul processo.
Quanto a EMAS il Dlgs 372/99 prevede una disposizione di incentivazione per la quale, l'impianto in possesso della relativa certificazione, ha il rinnovo ogni 8 anni anziché 5 (art 7, comma 2).

Va segnalato, invece, che nel settore cartario molte imprese sono in possesso di certificazione ISO 14001. Le informazioni e le descrizioni fornite secondo la norma ISO 14001 possono essere utilizzate per la presentazione della domanda di autorizzazione IPPC (art. 4, comma 4 DLgs 372/99).

Acqua: gli scarichi industriali

Le disposizioni di maggiore interesse sono indicate nel Titolo IV del Capo II del DLgs 152/99, artt. 45 e 46. In particolare si ci riferisce all'art. 45 ("Domanda di autorizzazione agli scarichi di acque reflue industriali"), con l'ovvia precisazione che l'industria cartaria non rientra dei cicli produttivi indicati nella Tabella 3/A al DLgs cit.

Come precisato dallo stesso DLgs n. 152 cit., "salvo diversa disciplina regionale, la domanda di autorizzazione è presentata alla Provincia ovvero al comune se lo scarico è in pubblica fognatura" (art. 45, comma 6 DLgs n. 152 cit.).
L'autorizzazione ha una validità di quattro anni dalla data del rilascio

Non può essere sottaciuto che il DLgs n. 152, introduce delle modifiche nel RD n. 1775/1933 rispetto alle concessioni per derivazioni di acque (come, peraltro, avvenuto più volte in questi anni). Tuttavia, il RD 1775 è un corpus affatto diverso e autonomo rispetto alle normative ambientali ed alla disciplina, in particolare, concernente l'autorizzazione per gli scarichi di acque industriali.

Aria: le emissioni in atmosfera

Il riferimento normativo principale è il DPR n. 203/1988. Anche in questo caso la competenza al rilascio é della regione o della provincia (art. 12). Le regioni e le province, dal 1988 ad oggi, sono intervenute nella materia aria ed emissioni in atmosfera con una serie di atti. In particolare va segnalato l'esistenza di delibere o atti normativi equivalenti che hanno individuato e disciplinato le emissioni non significative che non necessitano del rilascio di specifiche autorizzazioni.

A ciò vanno aggiunte le specifiche disposizioni in materia di costruzione ed esercizio di centrali termoelettriche, una volta competenza delle amministrazioni centrali (art. 17 DPR cit.). Molte imprese cartarie, per i propri impianti di produzione di energia, sono

state autorizzate con provvedimenti ministeriali. Anche in questo caso, da alcuni anni a questa parte, le autorizzazioni sono competenza delle autorità locali e, in particolare, delle province.

Rifiuti

L'industria cartaria è coinvolta nelle norme in materia di gestione di rifiuti come qualsiasi altro soggetto che produce rifiuti. E', quindi, assoggettata alle norme generali in materia di registri, formulari, MUD, deposito temporaneo e messa in riserva.
Qualora le fattispecie non possano essere ricondotte agli istituti del deposito temporaneo e della messa in riserva sono state richieste le necessarie autorizzazioni.
Il recupero di alcuni rifiuti prodotti da altre cartiere e attività nel ciclo produttivo dell'industria della carta, è disciplinato in gran parte dalle procedure semplificate del DM 5.2.1998. La "ratio" di dette procedure semplificate (che prevede il meccanismo della comunicazione) deve essere opportunamente integrata nell'ambito delle autorizzazioni sostituite dell'Autorizzazione Integrata Ambientale.
Qualora il recupero dei rifiuti non possa esser ricondotto alle disposizioni di cui al DM 5.2.1998, sono necessarie le autorizzazioni secondo gli artt. 27 e 28 del DLgs 22/97.
In materia di rifiuti la competenza al rilascio delle relative autorizzazioni - di validità quinquennale - è della provincia.
A livello regionale sono state pubblicate molte leggi in attuazione del DLgs 22/97. Detti atti hanno disciplinato aspetti di competenza regionale come, ad esempio, la pianificazione.

Rumore

In quest'ambito non vi sono specifiche autorizzazioni rilasciate dalle autorità competenti. La legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 447/95) si è inserita su un contesto normativo abbastanza definito con il DPCM 1° marzo 1991, concernente limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
Fondamentale in questo ambito è la classificazione del territorio predisposta dai Comuni sulla base di linea guida regionali oltre alla considerazione che l'industria cartaria, per gran parte, ricade nell'ambito di applicazione del DM 11.11.1996 che disciplina il criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo. Di particolare rilevanza i criteri indicati all'art. 3 dello stesso che distinguono impianti nuovi e quelli esistenti.
Va segnalato che, a parte le disposizioni specifiche concernenti le emissioni di aerei o macchine o strumenti, solo con la Direttiva n. 49/2002 le Comunità Europee hanno definito un approccio comune per "Determinazione e gestione del rumore ambientale" con piani di azione da adottare – da parte delle autorità competenti – entro il 18 luglio 2008. L'art. 14 della Legge Comunitaria 2003 (L. 31 ottobre 2003, n. 306 "Disposizioni per l'adempimento di obblighi comunitari derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2003" in GU n. 266 del 15-11-2003 - Suppl. Ordinario n. 173) prevede, tra l'altro, il recepimento della Direttiva Comunitaria 2002/49. Tra i criteri previsti si prevede che "le azioni già poste in essere dalle autorità locali e dalle imprese e per l'attuazione della legge 26 ottobre 1995, n. 447" .

L'impatto di norme in corso di recepimento

Appare utile segnalare il possibile impatto sul quadro normativo appena descritto della Direttiva 2000/76 sull'incenerimento dei rifiuti per la quale sono in corso le attività di recepimento in Italia.

Con riferimento specificamente all'industria della carta la Direttiva citata prevede:

- la previsione di eccezioni specifiche ai valori limite di emissione per taluni inquinanti entro un tempo limitato e a determinate condizioni (considerando n. 20);
- l'esclusione per i rifiuti vegetali fibrosi derivanti dalla pasta di carta e dalla produzione di carta, se l'incenerimento avviene nel luogo di produzione e l'energia é recuperata (art. 2, comma 2 lett iii);
- nel caso di coincenerimento dei propri rifiuti nel luogo di produzione in bollitori per corteccia utilizzati nelle industrie della pasta di legno e della carta, tale autorizzazione è subordinata almeno all'osservanza delle prescrizioni relative ai valori limite di emissione fissati nell'allegato V per il carbonio organico totale (art. 6, comma 4, penultimo periodo);
- deroghe per la consegna e la ricezione dei rifiuti per le imprese che inceneriscono e coinceneriscono i rifiuti nel luogo di produzione (art. 5, comma 5);
- possibilità di alcun deroghe per le condizioni di esercizio per impianti di incenerimento e coincenerimento (art. 6, comma 4);
- riduzione della frequenza delle misurazioni (art. 11, commi 5 e 6);
- diverse eccezioni per i valori limite in atmosfera, anche per la polvere per impianti di incenerimento esistenti (Tabella V, nota alla stessa per la parte valori medi giornalieri).

Di particolare interesse é approfondire il caso di coincenerimento dei propri rifiuti nel luogo di produzione in bollitori per corteccia utilizzati nelle industrie della pasta di legno e della carta, in quanto tale autorizzazione è subordinata, come detto, almeno all'osservanza delle prescrizioni relative ai valori limite di emissione fissati nell'allegato V per il carbonio organico totale (art. 6, comma 4, penultimo periodo); nella versione inglese: "… in the case of co-incineration of their own waste at the place of its production in existing bark boilers within the pulp and paper industry, such authorisation shall be conditional upon at least the provisions for emission limit values set out in Annex V for total organic carbon being complied with …"; nella versione francese: "… dans le cas de la coïncinération de leurs propres déchets sur le lieu de leur production dans des chaudières à écorce existantes dans l'industrie de la pâte à papier et du papier, une telle autorisation doit être subordonnée, au minimum, au respect des dispositions figurant à l'annexe V en ce qui concerne les valeurs limites d'émission pour le carbone organique total").
Appare evidente dalla versione inglese e da quella francese che non si tratta di "meri bollitori" ma di caldaie a corteccia. Ciò è ulteriormente avvalorato proprio dal Bref comunitario:" Depending on the actual energy balance of the given pulp or paper mill, the type of external fuels used and the fate of possible biofuels as bark and wood-waste

there are atmospheric emissions from auxiliary boilers to consider" (cfr. Executive Summary, December 2001, xiii).

La Direttiva 2003/87 del 13 ottobre 2003

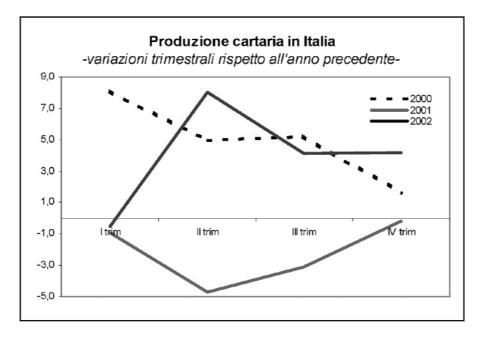
Val la pena riportare che la Direttiva 2003/87 (da attuare entro il 31 dicembre 2003), nell'introdurre un sistema di scambio delle emissioni, ha modificato anche la Direttiva 96/61 con l'art. 26. Il primo comma dell'art. 26 prevede che per le emissioni indicate nell'allegato I alla Direttiva (per ora solo quelle di biossido di carbonio) l'autorizzazione preveda valori limite di questo gas solo quando ciò risulti indispensabile per evitare un rilevante inquinamento locale.
Il considerando n. 21 della Direttiva chiarisce "(…) è opportuno modificare la direttiva 96/61/CE in modo da assicurare che non vengano fissati valori limite per le emissioni dirette di gas a effetto serra provenienti dagli impianti contemplati dalla presente direttiva, e che gli Stati membri possano scegliere di non imporre requisiti relativi all'efficienza energetica in relazione a unità di combustione o ad altre unità che emettono anidride carbonica sul sito (…)."

C. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

Dati sulla produzione, distribuzione territoriale degli impianti, personale impiegato, dati macroeconomici

Dati sulla produzione

Nell'ambito del difficile quadro economico nazionale ed internazionale di riferimento, il 2002 è stato un anno controverso per l'industria cartaria nazionale che ha visto crescere i volumi prodotti ma con considerevoli sacrifici in termini di fatturato. Il miglioramento dei livelli produttivi, che va tuttavia valutato considerando i negativi risultati conseguiti nell'anno di raffronto (il 2001), è stato conseguenza di taluni importanti interventi di razionalizzazione della produzione e di ampliamenti del potenziale produttivo nazionale entrati in attività nel corso dell'anno: su base trimestrale, dopo un –0,5% tendenziale del primo trimestre ed un aumento dell'8% registrato dall'aprile-giugno, la crescita dei volumi prodotti dal settore si è stabilizzata su un +4% nella seconda metà dell'anno.

Complessivamente, nel 2002 la produzione di carte e cartoni si è attestata sui 9,3 milioni di tonnellate mostrando un aumento del 3,9% rispetto ai livelli del 2001 (8,9 milioni di tonnellate) e stabilendo un nuovo massimo per il settore.

Il buon andamento produttivo ha sicuramente tratto vantaggio dalla favorevole dinamica della domanda estera dei nostri prodotti, a fronte di una domanda interna che, pur recuperando in parte i depressi livelli del 2001, si è mantenuta piuttosto debole nel corso dell'intero anno.

L'analisi merceologica dei risultati produttivi evidenzia variazioni in aumento per la quasi totalità dei comparti: carte grafiche (+3,8%) - nel cui ambito va segnalato il recupero delle carte patinate (+5,4%) -, carte per usi igienici e sanitari (+7%), carte e cartoni per la fabbricazione del cartone ondulato (+4%), altre carte e cartoni per involgere ed imballo (+1,9%) ed altri tipi (+6,4%).
Su livelli sostanzialmente invariati rispetto al 2001 la produzione di cartoncino per astucci (-0,4%).

Con riferimento alla struttura dell'industria cartaria la situazione è riassunta nella tabella che segue. Va evidenziato che, sulle oltre 1000 unità produttive esistenti in tutt'Europa, ben 200 sono in Italia. Gli occupati diretti sono circa 25.000, ma considerando anche quelli indiretti si arriva a 50.000.
Peraltro, alcune calcoli stimano l'occupazione indiretta con fattori che oscillano da 1 a 7 volte quella diretta. Basti pensare ai trasporti, ai sistemi tecnologici, all'approvvigionamento di materie e di energia.

Anni	IMPRESE numero	STABILIMENTI numero	ADDETTI	
			numero	Variaz. %
1992	174	219	27.300	-2,2
1993	169	213	26.500	-2,9
1994	167	211	26.000	-1,9
1995	166	210	25.900	-0,4
1996	166	210	25.700	-0,8
1997	166	209	25.600	-0,4
1998	171	207	25.300	-1,2
1999	166	202	25.100	-0,8
2000	164	201	25.000	-0,4
2001	162	200	24.800	-0,8
2002	156	200	24.500	- 1,2
* Non comprende le imprese/stabilimenti con produzione inferiore a 1.000 t/anno				

Ai dati concernenti l'occupazione vanno aggiunti quelli sulla struttura industriale. Benché molti stabilimenti ricadono al di sopra della soglia della 20 t/giorno, si tratta di unità in genere dalle dimensioni inferiori a quelle cui si riferiscono i dati del documento comunitario per l'individuazione delle MTD nel settore carta (BRef Pulp & Paper). La situazione è sintetizzata nella tabella successiva.

Anni	1.000 5.000 t	5.001 10.000 t	10.001 25.000 t	25.001 50.000 t	50.001 100.000 t	oltre 100.000 t	TOTALE
1992	36	55	56	33	20	19	219
1993	35	53	55	33	21	16	213
1994	35	52	54	33	21	16	211
1995	35	52	54	33	21	15	210
1996	32	52	55	32	22	17	210
1997	33	43	55	35	22	21	209
1998	32	43	51	34	25	22	207
1999	31	37	50	33	29	22	202
2000	30	37	51	32	29	22	201
2001	30	38	49	31	29	23	200
2002	32	37	48	34	25	24	200

Struttura e distribuzione territoriale del settore

La distribuzione territoriale delle aziende cartarie sul territorio italiano è sintetizzata nella tabella successiva che riporta i dati relativi ai soli stabilimenti che realizzano annualmente una produzione superiore a 1.000 tonnellate.

REGIONE	PROVINCIA	STABILIMENTI	
		numero	%
PIEMONTE	Torino	8	4,0
	Cuneo	6	3,0
	Novara	3	1,5
	Altre (Alessandria, Verbania e Vercelli)	4	2,0
	Totale	***21***	***10,5***
LOMBARDIA	Milano	4	2,0
	Bergamo	6	3,0
	Brescia	6	3,0
	Varese	5	2,5
	Pavia	3	1,5
	Altre (Como, Mantova e Sondrio)	4	2,0
	Totale	***28***	***14,0***
TRENTINO-A.A.	Trento	6	3,0
	Totale	***6***	***3,0***
VENETO	Padova	5	2,5
	Treviso	5	2,5
	Verona	5	2,5

	Vicenza	5	2,5
	Altre (Belluno e Rovigo)	3	1,5
	Totale	***23***	***11,5***
FRIULI-VEN.G.	Udine	5	2,5
	Altre (Pordenone, Trieste e Gorizia)	4	1,5
	Totale	***9***	***4,0***
LIGURIA	Genova e Savona	5	2,5
	Totale	***5***	***2,5***
EMILIA-ROMAGNA	Bologna	3	1,5
	Altre (Ferrara, Forlì, Modena, Parma e Ravenna)	8	3,5
	Totale	***11***	***5,0***
TOSCANA	Lucca	43	21,5
	Pistoia	8	4,0
	Altre (Arezzo, Firenze, Massa, Pisa e Siena)	6	3,0
	Totale	***57***	***28,5***
UMBRIA - MARCHE	Macerata	3	1,5
	Altre (Perugia, Ancona e Ascoli Piceno)	4	2,0
	Totale	***7***	***3,5***
LAZIO	Frosinone	9	4,5
	Altre (Roma e Viterbo)	4	2,0
	Totale	***13***	***6,5***
ABRUZZO	Aquila, Chieti e Pescara	5	2,5
	Totale	***5***	***2,5***
CAMPANIA	Salerno	6	3,0
	Altre (Napoli e Caserta)	4	2,0
	Totale	***10***	***5,0***
SICILIA	Palermo, Catania e Messina	3	1,5
	Totale	***3***	***1,5***
ALTRE REGIONI	(Basilicata, Puglia e Sardegna)		
	Potenza, Foggia, Taranto e Cagliari	5	2,0
	Totale	***5***	***2,0***
TOTALE ITALIA		**203**	**100,0**

La tabella precedente include anche gli impianti per la sola produzione di paste per carta.

Il fatturato del settore

A causa dei forti condizionamenti imposti dalla più volte richiamata debolezza della domanda e dalle condizioni di sostanziale sovra-capacità presente in alcuni comparti, il

fatturato del settore ha continuato a seguire durante tutto il 2002 la tendenza negativa presentata a partire dal secondo trimestre dell'anno precedente.
Per l'anno 2002, sulla base delle indicazioni trimestrali fornite dall'indagine congiunturale condotta dall'Ufficio Studi di Assocarta e della documentazione ufficiale disponibile, è stato possibile valutare per il settore cartario, un fatturato di 7.490 milioni di euro, in diminuzione per il secondo anno consecutivo (-1,4% rispetto agli 7.595 milioni di euro del 2001).

Dopo un'ulteriore riduzione tendenziale nel primo trimestre (-3,7%) – successiva a quelle rilevate dal secondo periodo del 2001 - l'import di carte e cartoni si è situato su volumi superiori a quelli dell'anno prima nel periodo centrale dell'anno (+9,9% rispetto all'aprile-settembre 2001) per poi tornare a scendere a fine anno (+9,2%).

Complessivamente, le quantità di prodotti cartari esteri affluite in Italia nel 2002 si sono attestate intorno ai 4,5 milioni di tonnellate, tornando vicine ai volumi record del 2000 e presentando un aumento dell'1,6% rispetto al 2001.
Come per la generalità degli indicatori del settore, l'andamento dei valori complessivi delle carte e cartoni importati ha fatto, invece, rilevare una sensibile riduzione (-5,2%), sottendendo valori medi unitari in calo.

Tra i due anni a confronto la quota di penetrazione estera in Italia (rapporto tra importazioni e consumo apparente di carte e cartoni) è leggermente scesa dal 41,4% al 41,3%, pur mantenendosi su livelli elevati.

Per quanto concerne le provenienze dei prodotti cartari importati, gli afflussi dall'area UE, nostro principale mercato di approvvigionamento, sono rimasti sostanzialmente stabili sui livelli del 2001; a causa dei maggiori afflussi complessivi dall'estero nei due anni a confronto, la quota di import proveniente da quest'area è scesa però dal 76,8% al 75,6%. Nel dettaglio dei diversi paesi membri, le riduzioni di maggior consistenza si sono verificate per i volumi provenienti da Francia (-11,2%), Finlandia (-6,1%) e Svezia (-2,5%). Tra gli aumenti, invece, da segnalare quelli evidenziati dai volumi provenienti dalla Germania (+12,6%).
Aumentata invece, dopo quattro anni di continue riduzioni, la presenza sul nostro mercato di prodotti cartari nordamericani (pari al 6,4% nel 2002 contro il 5,7% dell'anno prima) i cui volumi hanno presentato una variazione del +12,8%.
Da menzionare, sempre con riferimento alle provenienze, lo sviluppo registrato dai volumi importati dall'America centro meridionale (+61,3%), quasi completamente connesso con gli sviluppi dell'export brasiliano verso il nostro paese.
Con riguardo alla composizione merceologica, le quantità importate appaiono in aumento nelle carte per usi igienico-sanitari (+11,7%), nelle carte e cartoni per cartone ondulato (+4,6%), nel cartoncino per astucci (+16,9%) e nelle altre carte e cartoni per involgere ed imballo (+2,8%).
Sostanzialmente sui livelli 2001 l'import di carte per usi grafici patinate (+0,1%), mentre diminuzioni si osservano nelle carte grafiche naturali (-1,5%), nella carta da giornale (-7,7%) e negli altri tipi (-8%).

Anche in questa occasione è importante ribadire il ruolo spesso trainante rivestito nel settore cartario nazionale dalla domanda estera: una conferma di tale ruolo sono anche i

risultati dell'ultimo anno, che, in un panorama nazionale dominato da una domanda interna poco dinamica, hanno visto l'export cartario crescere costantemente durante tutto l'anno con accelerazioni importanti nel secondo e terzo trimestre (rispettivamente +10,9 e 14,7% tendenziali).

Nella sintesi annuale, le esportazioni italiane di carte e cartoni hanno raggiunto un nuovo massimo posizionandosi oltre i 2,8 milioni di tonnellate, con una variazione del +7,5% rispetto ai livelli 2001.
Questo ulteriore risultato positivo (l'esame delle serie storiche mostra come i volumi esportati abbiano seguito una costante crescita, se si esclude la "pausa" del 1998) costituisce un sicuro riconoscimento della capacità competitiva delle produzioni cartarie nazionali e dell'attenzione riservata dagli imprenditori del settore ad ampliare le proprie quote di mercato oltre confine, nonostante i penalizzanti livelli dei costi di produzione, in particolare di quelli dell'energia.

A causa delle pressoché generalizzate riduzioni dei prezzi medi unitari l'export cartario in valore si è collocato su livelli inferiori, anche se di poco, a quelli del 2001 (-0,5%).

La migliore dinamica presentata dai volumi esportati rispetto alla produzione ha determinato un'ulteriore elevazione della quota di produzione nazionale destinata ai mercati esteri che, nel 2002, ha superato per la prima volta la soglia del 30% (30,4% contro il 29,3% del 2001).

Riguardo alle destinazioni, i volumi diretti verso l'Europa Occidentale risultano aumentati del 5,3%, in misura, quindi, più ridotta rispetto a quelli totali: il risultato è un contenimento della quota del nostro export destinata all'area (dal 70,2% del 2001 al 68,9%), che, confermando una tendenza di fondo ormai visibile da lungo tempo (tale quota superava l'80% all'inizio dell'ultimo decennio), sembra connessa con la politica del settore volta a sviluppare i rapporti con altre aree non meno importanti di quella europea, piuttosto che con motivazioni legate alla qualificatissima concorrenza dei partners entro i confini europei.
Particolare attenzione, in tal senso, appare riservata all'area asiatica (+12,2% per volumi che costituiscono il 6,7% contro il 6,4% del 2001) ed a quella dell'Europa centro-orientale dove gli afflussi di prodotti nazionali sono cresciuti del 18,8% assorbendo il 6,9% dell'export complessivo (6,3% nel 2001).
Restando ancora in ambito europeo, occorre segnalare lo sviluppo delle vendite al mercato turco (+130%) che nell'anno appena concluso hanno costituito il 2,6% del nostro export (1,5% nell'anno precedente).
Leggermente aumentato anche l'export di carte e cartoni verso il Nord America (+1,1%) che rappresenta il 4,7% dei volumi complessivamente esportati (5% nel 2001).
Sostanzialmente invariati i flussi verso l'Africa (-0,1%), pari al 3,9% di quelli totali (contro il 4,2% del 2001), mentre i volumi diretti verso il continente australiano (circa il 2% di quelli totali) appaiono scesi del 2,2%.

Riguardo all'analisi per comparti, i miglioramenti di maggior rilievo sono stati registrati dall'export di carte grafiche (esclusa carta da giornale) - cresciuto dell'8,8%, grazie, principalmente, al buon andamento delle qualità patinate (+10,7%) -, di carte per usi igienico-sanitari (+9,8%) e di altre carte e cartoni per involgere ed imballo (+34,7%).

Su livelli inferiori a quelli osservati per l'anno precedente si sono invece collocate le vendite oltre confine di carte e cartoni per cartone ondulato (-20,3%) – comparto che ha ritenuto di privilegiare la domanda nazionale - Praticamente invariato l'export di cartoncino per astucci (-0,6%).

Nelle due tabelle successive si sintetizzano i dati sulla produzione, sul fatturato e sul saldo degli scambi con l'estero (dati in milioni di € correnti).

Tabella 4 - Produzione - import - export, e consumo apparente

Anni	Produzione		Import		Export		Consumo Apparente		Exp. / Produz.	Imp. / Cons.
	1.000 t	Var.%	1.000 t	Var.%	1.000 t	Var.%	1.000 t	Var.%	%	%
1992	6.731,3	4,0	3.173,1	17,0	1.348,4	5,9	8.556,0	8,2	20,0	37,1
1993	6.811,0	1,2	3.143,4	-0,9	1.626,6	20,6	8.327,7	-2,7	23,9	37,7
1994	7.395,0	8,6	3.587,3	14,1	1.749,9	7,6	9.232,3	10,9	23,7	38,9
1995	7.477,3	1,1	3.521,5	-1,8	1.889,0	7,9	9.109,8	-1,3	25,3	38,7
1996	7.588,7	1,5	3.325,7	-5,6	2.013,3	6,6	8.901,1	-2,3	26,5	37,4
1997	8.146,7	7,4	3.857,6	16,0	2.253,0	11,9	9.751,2	9,6	27,7	39,6
1998	8.365,9	2,7	3.934,9	2,0	2.250,7	-0,1	10.050,1	3,1	26,9	39,2
1999	8.676,3	3,7	4.173,5	6,1	2.436,9	8,3	10.412,9	3,6	28,1	40,1
2000	9.129,3	5,2	4.543,8	8,9	2.599,2	6,7	11.073,9	6,3	28,5	41,0
2001	8.923,9	-2,3	4.397,1	-3,2	2.587,1	-0,5	10.733,8	-3,1	29,0	41,0
2002	9.272,8	3,9	4.534,9	1,6	2.814,4	7,5	10.993,3	2,0	30,4	41,3

Anni	Fatturato (Stima Assocarta)		Export		Import		SALDO
		Variaz. %		Variaz. %		Variaz. %	
1992	4.318	-2,6	1.043	7,1	1.585	6,4	-542
1993	4.232	-2,0	1.264	21,2	1.583	-0,2	-319
1994	5.170	22,1	1.468	16,2	1.583	0,0	-115
1995	7.414	43,4	2.166	47,6	2.920	84,5	-754
1996	6.107	-17,6	1.974	-8,9	2.276	-22,1	-302
1997	6.192	1,4	2.055	4,1	2.433	6,9	-378
1998	6.505	5,0	2.164	5,3	2.620	7,7	-456
1999	6.618	1,7	2.167	0,1	2.680	2,3	-513
2000	7.953	20,2	2.687	24,0	3.419	27,6	-732
2001	7.592	-4,5	2.730	1,6	3.327	-2,7	-597
2002	7.490	-1,4	2.750	-0,5	3.205	-5,2	- 456

La domanda interna di carte e cartoni

Piuttosto debole l'andamento in corso d'anno della domanda interna di carte e cartoni che, come più volte accennato, si è mantenuta fiacca anche nel 2002: proseguendo nel trend decrescente che aveva caratterizzato il 2001, infatti, il consumo apparente ha fatto registrare solo nella parte centrale dell'anno recuperi dei volumi "persi" nell'analogo periodo dell'anno prima tornando, a fine anno, a posizionarsi su volumi inferiori a quelli deludenti del quarto trimestre 2001.
L'andamento trimestrale appena illustrato, evidente dai dati ufficiali, appare confermato dai risultati della già ricordata indagine congiunturale trimestrale con riferimento alle consistenze del portafoglio ordini. Tale indicatore ha raggiunto il mese di produzione assicurata solo tra aprile e settembre ed è invece rimasto al di sotto di tale soglia negli altri periodi dell'anno, mantenendo, in tal modo, un gap evidente rispetto ai massimi raggiunti nei periodi di espansione (1,5 mesi).

A fine anno, il consumo apparente di carte e cartoni si è stabilito in circa 11 milioni di tonnellate, recuperando parte della perdita registrata nell'anno precedente (+2%) e restando, pertanto, al di sotto del massimo raggiunto nel 2000.

Il consumo pro-capite è stato pari a 189,8 kg per abitante (contro 186,0 kg/ab. del 2001). Dalla tabella seguente, che riporta i dati 2001 di consumo pro-capite a livello mondiale, emerge in modo evidente come esistano ancora larghi spazi di ampliamento del dato italiano, considerato che la media UE è di quasi 204 kg per abitante, quella nord americana di oltre 310 e quella giapponese di 243 kg per abitante.

Consumo pro-capite di carte e cartoni nel mondo - dati 2001-

	CONSUMO APP. 1.000 tonn.	Abitanti mlni	consuno pro-capite Kg/abit.
Totale Europa Occidentale	**79.108**	**388,0**	**203,9**
UE	**76.693**	**376,4**	**203,7**
Austria	2.161	8,1	266,8
Belgio	3.064	10,0	306,4
Danimarca	1.395	5,3	263,2
Finlandia	1.424	5,2	273,8
Francia	11.365	59,0	192,6
Germania	18.767	82,1	228,6
Grecia	1.247	11,0	113,4
Irlanda	490	3,6	136,1
Italia	*10.773*	*57,9*	*186,0*
Paesi Bassi	3.826	15,6	245,3
Portogallo	1.017	9,9	102,7
Spagna	6.402	39,8	160,9
Svezia	2.202	8,9	247,4
Regno Unito	12.560	60,0	209,3
Norvegia	728	4,5	161,8
Svizzera	1.687	7,1	237,6
Europa Orientale	**6.695**	**338,0**	**19,8**
Russia	3.416	144,8	23,6
Nord America	**97.839**	**315,0**	**310,6**
USA	88.707	284,0	312,3
Canada	9.132	31,0	294,6
America Latina	**20.205**	**523,7**	**38,6**
Brasile	7.353	170,4	43,1
Cile	1.665	15,2	109,5
Asia	**105.382**	**3.663,4**	**28,8**
Giappone	30.931	127,1	243,4
Cina	44.130	1.282,4	34,4
Indonesia	4.681	212,1	22,1
Altri	**12.814**	**905,5**	**14,2**
TOTALE MONDO	**322.043**	**6.133,6**	**52,5**

Elaborazioni Assocarta su dati CEPI, FAO e World Bank

Le materie prime fibrose

La carta da macero

In linea con gli andamenti produttivi del comparto delle carte e cartoni per imballaggio, che tradizionalmente utilizza carta di recupero quale principale e, in alcuni casi, unica materia prima, l'utilizzo di carta da macero ha continuato a crescere anche nel 2002 raggiungendo i 5,2 milioni di tonnellate (+1,9% rispetto al 2001).
La gran parte del fabbisogno nazionale di tale materia prima è stata soddisfatta con maceri provenienti dalla raccolta interna: i volumi di macero raccolti nell'anno appena trascorso sul territorio nazionale, stimati dal dato di raccolta apparente (consumo delle cartiere + export – import), avrebbero superato i 4,9 milioni di tonnellate con un aumento del 5,5% rispetto a quelli calcolati per il 2001.
Tale andamento della raccolta interna appare ancora una volta legato all'intensa attività svolta da Comieco nell'ampliamento delle intese con i Comuni anche nel corso del 2002, attività che ha portato a fine anno a coprire oltre il 58% dei Comuni, pari al 73% circa della popolazione nazionale, con un aumento della raccolta differenziata pari a circa il 6% (da 1,5 milioni di tonnellate del 2001 a circa 1,6 milioni di tonnellate del 2002 secondo le stime del Consorzio).

L'ulteriore, interessante sviluppo della raccolta interna ha permesso di limitare gli acquisti di tale materia prima sui mercati esteri, che si sono confermati, nella sostanza, sui volumi 2001 (673 mila tonnellate; -0,2% rispetto al 2001).
Riguardo agli andamenti delle diverse provenienze dell'import, da segnalare l'ulteriore riduzione delle quantità affluite dal complesso dei paesi dell'Unione Europea (-15,4% rispetto al 2001), in massima parte connessa con i minori afflussi da Germania (-32,2%; 83 mila tonnellate in meno rispetto al 2001), praticamente sostituiti da maceri di provenienza nordamericana (+77,3%, pari ad 80 mila tonnellate in più rispetto al 2001).
L'effetto di sostituzione tra maceri tedeschi e maceri nordamericani documentato dagli andamenti appena riportati evidenzierebbe un orientamento nelle cartiere nazionali a limitare gli acquisti oltre confine a standards più elevati di quelli europei oggi facilmente reperibili anche sul mercato nazionale.

In ulteriore espansione sono invece apparsi i flussi di export: le esportazioni totali di carta da macero sono aumentate del 61,6% raggiungendo, con 417 mila tonnellate complessive, oltre il 60% dei volumi importati.
Il mercato tedesco è da segnalare anche tra le principali destinazioni dell'export italiano: i volumi di macero diretti verso la Germania (+66,7%), costituiscono, infatti, oltre un quarto delle totali vendite italiane di macero oltre confine. Aumentati, nel 2002, anche i quantitativi diretti verso l'Austria (più che raddoppiati rispetto all'anno prima); nel complesso le quantità destinate al mercato UE risultano cresciute del 77% circa. In riduzione le esportazioni verso l'area dell'Europa centro-orientale (-13,2%), a causa del calo delle quantità dirette verso la Croazia (quasi dimezzate), mentre i volumi destinati al mercato sloveno sono apparsi in ripresa (+32,5%). Interessanti gli sviluppi della domanda proveniente dalla Turchia, quadruplicata tra il 2001 ed il 2002.
In rapida crescita anche le quantità dirette verso il continente asiatico (principalmente verso Cina ed Indonesia).

Per effetto di una crescita delle produzioni che impiegano prevalentemente macero più contenuta di quella media seguita dalla produzione cartaria, il tasso di utilizzo (rapporto tra consumo di carta da macero e produzione di carte e cartoni) è stato pari al 56% (contro il 57,1% del 2001), anche in presenza del ricordato aumento dell'impiego di macero, arrivato a 5,2 milioni di tonnellate.

Il tasso di raccolta (raccolta apparente di carta da macero / consumo apparente di carte e cartoni) ha segnato un nuovo massimo storico attestandosi sul 44,9% (contro il 43,5% circa del 2001).

Il tasso di riciclo (consumo di carta da macero / consumo apparente di carte e cartoni) si è confermato sul 47,3%.

Le paste per carta

Gli accresciuti volumi di carte e cartoni prodotti hanno indotto un maggior fabbisogno anche di fibre vergini: nel 2002 il consumo apparente di paste per carta ha superato i 3,6 milioni di tonnellate, con un aumento del 4,2% rispetto ai quantitativi del 2001.

Di tale sviluppo ha beneficiato, in parte, l'esigua produzione nazionale (423 mila tonnellate nel 2002 con un aumento tendenziale del 2,1%) e, in misura certamente più rilevante, il mercato internazionale da cui il nostro paese ha acquistato oltre 3,2 milioni di tonnellate (+4,4% rispetto al 2001). La voce di maggior rilievo con riferimento all'import è rappresentata dalle paste chimiche (oltre il 95% dell'import totale di paste per carta) che hanno registrato un aumento del 5,2%.
Riguardo ai mercati di approvvigionamento di questa tipologia di paste, in aumento sono risultate le quantità provenienti dal Nord America (+11,6%) che hanno coperto il 43,8% del nostro import totale di questa qualità (contro il 41,2% del 2001). Tale aumento è principalmente connesso con i maggiori afflussi dagli USA (+20,2%), mentre l'import dal Canada si è sviluppato in misura più moderata (+2,6%).
In leggero aumento anche i quantitativi provenienti dal complesso dei paesi Europa Occidentale (+1,4%, pari al 32,8% del nostro import totale).
Ancora da segnalare, passando alle quantità provenienti dall'America centro-meridionale, gli aumenti dell'import dal Brasile (+27,1%) e dal Cile (+7%).
Risultano invece significativamente ridotti gli afflussi dall'Indonesia (-27,9%) e dalla Russia (-17,7%).

Il legname

La produzione nazionale di paste per carta ha richiesto un impiego di legname per triturazione stimato in 1,040 milioni di metri cubi (+0,7% rispetto al 2001), in larga parte (80% circa) soddisfatto, come di consueto, da importazioni.

L'andamento dei costi

Costo del lavoro

L'incremento medio del costo del lavoro nell'anno 2002 è stato rilevato intorno al 2,3%.
A detto aumento ha contribuito l'ultima quota del rinnovo contrattuale (decorrenza 1° ottobre 2002) e, in parte, la contrattazione aziendale.
Nel corso dell'anno 2003 dovranno essere ricontrattati i livelli salariali per la scadenza del biennio economico (30 giugno 2003).

Costi Energetici

I costi energetici rappresentano per l'industria cartaria fino al 20% dei costi di produzione e costituiscono un elemento fondamentale della capacità competitiva delle cartiere, nonché della dinamica dei prezzi cartari.

Il gas naturale (2,45 miliardi di metri cubi utilizzati nel 2002) è la voce più importante della bolletta energetica del settore per lo sviluppo che ha avuto la cogenerazione (produzione combinata di calore e energia) nell'ultimo decennio in relazione ai considerevoli investimenti effettuati dalle cartiere in questa tecnologia che permette di ottenere anche rilevanti vantaggi dal punto di vista ambientale per la riduzione delle emissioni.

L'energia elettrica prodotta in cogenerazione è arrivata a coprire oltre il 50% del fabbisogno del settore, che ovviamente viene soddisfatto per la parte rimanente con gli acquisti dalla rete.
Nel corso del 2002 i prezzi pagati dalle cartiere sia per il gas naturale sia per l'energia elettrica si sono mantenuti su livelli molto elevati, senz'altro molto al di sopra della media degli altri paesi dell'Unione Europea.

Nel corso dell'anno il prezzo del greggio è stato caratterizzato da un andamento marcatamente volatile, ma sostanzialmente di crescita. Questo infatti è passato dai 18-19 $ al barile di gennaio a valori stabilmente superiori ai 30 $ al barile nel periodo novembre-dicembre. In realtà gli effetti di tale crescita sono stati in parte mitigati da un andamento del cambio Euro/Dollaro che ha favorito i consumatori europei.

Rimangono comunque ancora irrisolti i problemi legati a fattori strutturali, tra i quali, come si vedrà più avanti (paragrafo 2.8), le rilevanti incertezze nei processi nazionali di liberalizzazione dei mercati del gas naturale e dell'energia elettrica
Per quanto riguarda il gas naturale, il prezzo medio per il 2002 di una cartiera "tipo", con consumi annui di circa 25 milioni di metri cubi e tariffa continua di alta utilizzazione, è stato di 19,60 centesimi di €/m^3 (380 lire/ m^3).

Tale prezzo, che può essere considerato rappresentativo della media del settore, ha significato una leggera diminuzione di circa il 3% rispetto alla media del prezzo, già molto elevato, registrato nell'anno precedente. Per una più completa valutazione si ritiene opportuno proporre nella tabella riportata nel seguito la serie storica dei prezzi

medi che questa cartiera "tipo" (con prelievo 25.000.000 m^3 / anno, Tariffa Continua Alta Utilizzazione, imposte escluse) ha pagato per il gas naturale nell'ultimo decennio.

Anno	centesimi di €/m^3
1992	9,4 (181,71)
1993	10,2 (196,60)
1994	10,6 (205,21)
1995	11,6 (225,05)
1996	12,6 (244,44)
1997	13,5 (261,12)
1998	12,4 (240,50)
1999	11,4 (219,71)
2000	16,8 (325,74)
2001	20,3 (392,39)
2002	19,6 (379,51)

Come si può rilevare, l'aumento che si è verificato tra il 1999 e il 2002 è comunque molto forte, rimanendo dell'ordine del 72%.

Per l'energia elettrica, l'utenza tipo del settore cartario può essere considerata una cartiera con impegno di 10.000 kW, alimentata a 132 kV, con tariffa per altissima utilizzazione.Tale cartiera nel 2001 ha pagato in media d'anno l'energia elettrica prelevata dalla rete, imposte escluse, circa 6,23 centesimi € /kWh (121 lire/kWh) con una diminuzione di circa il 13% rispetto all'anno precedente. Anche per l'energia elettrica si ritiene tuttavia utile proporre la serie storica dei prezzi pagati dall'utenza tipo (con impegno 10.000 kW, alimentata a 132 kV, Tariffa per Altissima Utilizzazione, imposte escluse) negli ultimi 10 anni.

Anno	centesimi di €/kWh
1992	4,45 (86,18)
1993	4,72 (91,52)
1994	4,66 (90,25)
1995	4,78 (92,67)
1996	4,91 (95,09)
1997	5,18 (100,48)
1998	5,35 (103,65)
1999	4,74 (91,85)
2000	6,05 (117,23)
2001	7,17 (138,91)
2002	6,21 (120,55)

Dalla serie si può tra l'altro rilevare come l'aumento del costo dell'elettricità nell'ultimo triennio sia stato del 50% e come i prezzi pagati negli ultimi tre anni rappresentino dei livelli molto elevati.

La componente fiscale continua ad incidere pesantemente sui prezzi dell'energia per le imprese italiane e, in particolare, per quelle di settori ad alta intensità energetica ("energy-intensive"), come il cartario, continuandosi a mantenere sui livelli più alti nel contesto europeo.

Sulla bolletta elettrica gravano infatti delle maggiorazioni per i cosiddetti oneri di sistema che alla fine del 2002 hanno superato le 1,36 centesimi di €/kWh (25 lire/kWh) con un ulteriore aumento rispetto ai livelli dell'anno precedente. Tali oneri rappresentano un livello di molto superiore alle imposizione fiscale vigente per l'energia elettrica negli altri Paesi UE. Per il gas naturale, le imposte incidono per 1,87 centesimi di €/m^3 (36,3 lire/m^3), che sono ridotte di circa 0,61 centesimi di €/m^3 (12 lire/ m^3) con un provvedimento di carattere temporaneo introdotto all'inizio del 2001 e che è stato opportunamente prorogato dall'attuale Governo. Pur con tale riduzione, che si auspica ovviamente possa assumere presto un carattere strutturale, si deve sottolineare come l'attuale pressione fiscale sul gas per uso industriale in Italia pari a oltre 1,2 centesimi di €/m^3 (24 lire/m^3) continui ad essere tra le più elevate della UE.

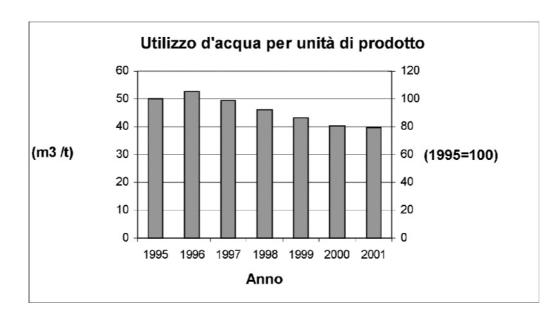
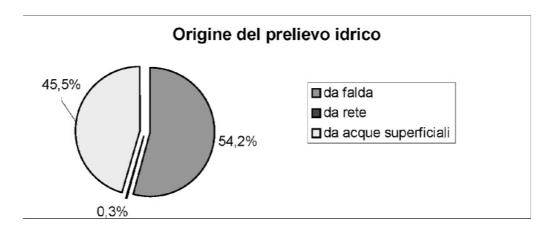
Impatto ambientale del settore

L'acqua è un elemento caratteristico ed imprescindibile del processo produttivo della carta. L'attenzione al risparmio di questa risorsa ha portato negli anni ad ottimizzarne l'uso attraverso il suo riciclo.

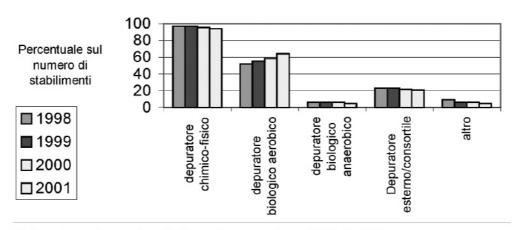
L'acqua è l'elemento in cui avviene la movimentazione e la distribuzione delle fibre che vanno poi a formare la trama del foglio di carta. L'acqua può, quindi, essere inserita a ragione tra le principali "materie prime" dell'industria cartaria.
L'impegno delle aziende nella ricerca dell'ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche ha portato il settore a raggiungere risultati di assoluto rilievo, ottenendo il dimezzamento del fabbisogno nell'arco degli ultimi vent'anni.
Se alla fine degli anni settanta erano richiesti mediamente 100 metri cubi d'acqua per produrre una tonnellata di carta, attualmente ne vengono utilizzati, di media, solamente 40. E' inoltre opportuno differenziare tra consumo e prelievo d'acqua. Il vero e proprio consumo d'acqua legato al processo di cartiera è strettamente correlato alla quantità d'acqua che si perde per evaporazione, al momento dell'essiccazione della carta. Si tratta quindi di quantità limitate e condizionate dall'umidità presente nel foglio prima e dopo il passaggio nella seccheria. Il prelievo d'acqua è invece funzione della quantità d'acqua fresca che deve essere continuamente alimentata nel processo, e che viene poi rilasciata ad un corpo superficiale o in fognatura (ad eccezione della frazione persa per evaporazione). Infine, bisogna segnalare che la quantità d'acqua necessaria per il processo è significativamente superiore al prelievo di acque fresche, in quanto le cartiere sono oggi in grado di attuare un consistente riciclo delle acque di processo, arrivando a valori prossimi al 90%.

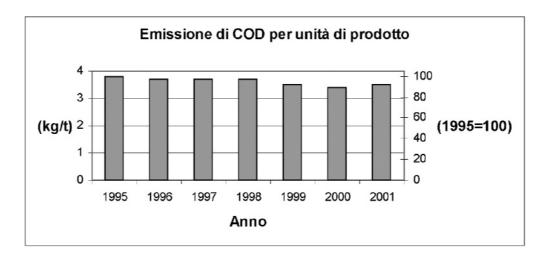
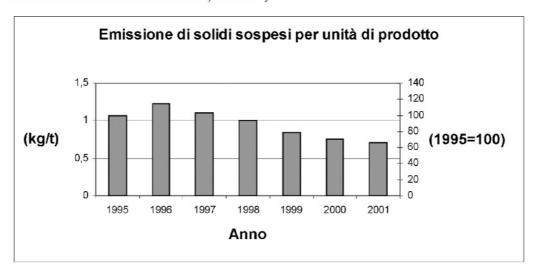
Il settore è tuttora impegnato nell'affinare e migliorare i risultati ottenuti, ricercando nuove soluzioni impiantistiche che possano permettere di superare gli attuali limiti tecnologici. Le difficoltà che intervengono quando si riduce l'utilizzo d'acqua riguardano in particolare la necessità di contrastare gli effetti indesiderati provocati dall'eccessiva concentrazione di sostanze disciolte, quali la crescita biotica, la corrosione dell'attrezzatura e, in generale, la perdita di qualità del prodotto. Non necessariamente quindi, in un ottica di approccio integrato, la riduzione dell'impiego di risorse idriche è la soluzione ambientalmente preferibile.
L'impiego di acqua è inoltre fortemente legato alla tipologia di prodotto che si deve ottenere ed alla materia prima impiegata, come nel caso della produzione di carte per alimenti o nel trattamento di certe tipologie di macero. Anche la qualità del prodotto finito incide sulla richiesta d'acqua di processo, come nel caso delle carte destinate alle nuove macchine da stampa, le quali richiedono elevato grado di bianco e macchinabilità. Non va inoltre dimenticato che una più spinta chiusura dei cicli comporta potenzialmente un aumento della concentrazione di sostanze nelle acque di scarico e possibili problemi derivanti dall'insorgenza di emissioni odorigene.

Il grafico seguente illustra l'andamento, nei sette anni di riferimento, del valore medio di settore degli approvvigionamenti d'acqua per tonnellata di prodotto. La media è calcolata su un campione omogeneo d'aziende per gli ultimi due anni ed è riportato ai dati delle rilevazioni precedenti per gli anni addietro. Il dato non comprende il

contributo dovuto all'impiego d'acqua per le centrali idroelettriche a servizio degli stabilimenti.

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 63 aziende)

Le acque tecnologiche, dopo essere state più volte riciclate all'interno dell'impianto produttivo, vengono avviate alla depurazione, attraverso processi di tipo chimico-fisico o biologico (aerobico e/o anaerobico), in funzione delle caratteristiche dei reflui da trattare. Specifiche condizioni locali, quali la presenza nell'area di più stabilimenti e la ridotta dimensione degli stessi, hanno inoltre favorito lo sviluppo di impianti esterni di

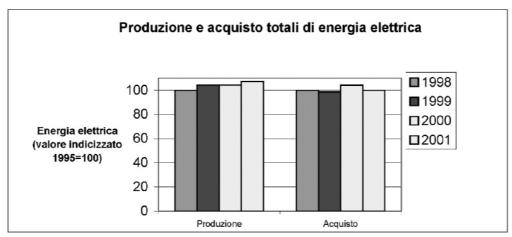
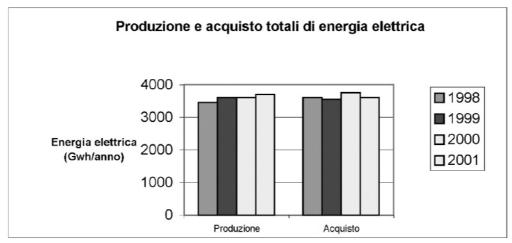
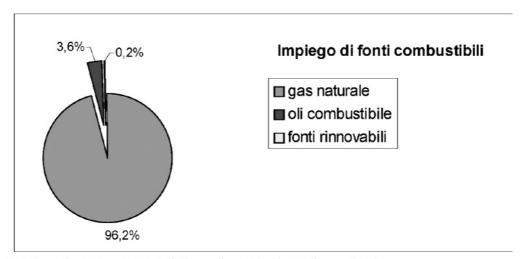
trattamento delle acque (c.d. impianti consortili), di cui usufruiscono, spesso, anche impianti di differente tipologia produttiva e insediamenti urbani. In molti casi le acque consegnate al depuratore consortile sono comunque trattate prima all'interno dello stabilimento per un maggiore grado d'abbattimento degli inquinati.

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 67aziende)

Gli inquinanti presenti nelle acque reflue di cartiera sono essenzialmente di origine naturale (cellulose, amidi, e cariche minerali inerti). I principali parametri, utilizzati anche in campo internazionale, per caratterizzare le acque reflue sono il COD, espressione del carico organico, e i solidi sospesi. I valori di emissione del settore mostrano nel tempo un continuo ridimensionamento, attestandosi sempre ben al di sotto dei limiti di legge.

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

Non è invece significativa, per la realtà italiana, la presenza di composti organici alogenati (AOX), dato che l'industria ha, da tempo, eliminato l'utilizzo del cloro nei suoi processi, mentre l'emissione di azoto e fosforo deriva essenzialmente dall'impiego di nutrienti per la coltivazione dei fanghi di depurazione biologica e rappresenta un fattore d'impatto di minore rilievo. Le emissioni di azoto del settore nel 2001 sono state di circa 1000 tonnellate, mentre il fosforo è stato rilasciato in quantità ancora minori (200 tonnellate).
Questi dati non tengono inoltre in considerazione che una parte significativa delle emissioni prodotte dalle cartiere non viene direttamente rilasciata nell'ambiente, ma conferita ad impianti di depurazione consortili, dove viene sottoposta ad ulteriori trattamenti di depurazione.

L'industria cartaria, grazie alla produzione combinata, nei propri processi, di energia elettrica e termica, ottiene i più elevati livelli di efficienza energetica rispetto agli altri settori produttivi, contribuendo fattivamente alla limitazione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra.

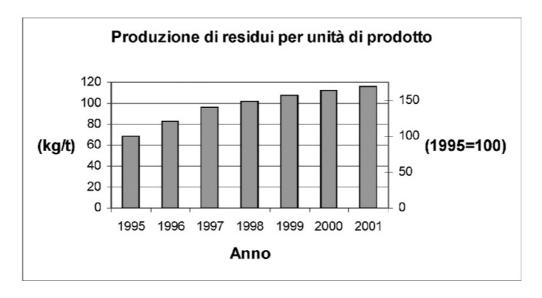
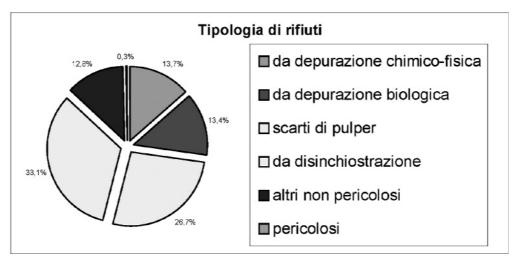
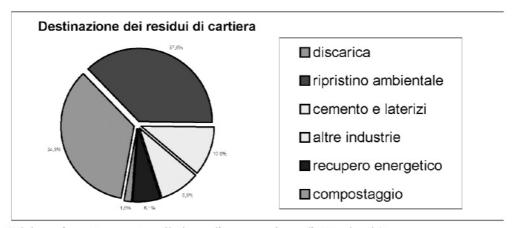
L'industria cartaria, per il peso del contributo dato dalle fonti energetiche nel bilancio complessivo del processo produttivo, può essere a ragione definito uno dei principali settori "Energy Intensive". Se a ciò si aggiunge il costo, particolarmente elevato, delle fonti energetiche nel nostro paese, si comprende come il settore abbia sempre lavorato per mantenere i più alti livelli di efficienza nella riduzione e nell'uso dell'energia.
La possibilità di impiegare nel proprio processo sia il vapore (il settore utilizza quasi 65.000 TJ di vapore ogni anno, per il 97% autoprodotto), che l'energia elettrica, ha favorito, dove le dimensioni lo hanno consentito, l'introduzione di moderni sistemi di cogenerazione, con effetti positivi sul consumo di fonti primarie, ridotte di un terzo

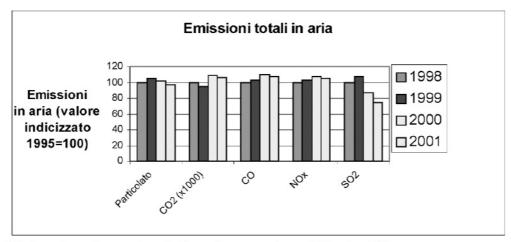
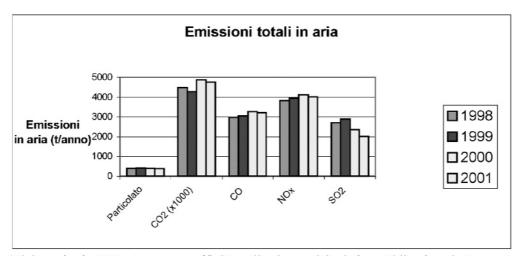
rispetto al necessario se il settore avesse dovuto approvvigionarsi delle stesse quantità di energia dalla rete elettrica nazionale.
Il settore produce la metà dell'energia di cui necessita, in massima parte per cogenerazione con impiego di gas naturale. Significativa è anche la produzione energetica da fonti rinnovabili, in particolare energia idroelettrica, ma anche energia da biomassa (principalmente cortecce). Rimane invece di entità ancora trascurabile l'impiego come combustibile dei fanghi di cartiera, le cui potenzialità, in Italia, sono rimaste inespresse, benché la tecnologia sia oramai matura.

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 60 aziende)

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 65 aziende)

I residui di produzione dell'industria cartaria sono a base di biomasse e sono idonei al recupero, sia di materia che di energia.

I residui della produzione della carta si presentano principalmente come fanghi derivanti dal processo di depurazione delle acque, sia chimico-fisico, che biologico. Gli scarti di lavorazione, gli sfridi e i fogliacci, sono invece riavviati direttamente in testa all'impianto e rimessi in produzione. Menzione a parte va fatta per i residui del processo di riciclo della carta da macero. Si tratta essenzialmente di scarti di pulper (derivanti dalla separazione della fibra dalle impurità più grossolane) e fanghi di disinchiostrazione (ottenuti a seguito della separazione dell'inchiostro dalla fibra cellulosica).
Minore importanza hanno invece i rifiuti di vario genere, quali gli scarti di ferro, legno e plastica provenienti dalla gestione degli imballaggi, gli oli esausti e i rifiuti assimilabili agli urbani.
L'incremento nella generazione di rifiuti negli ultimi anni è dovuta essenzialmente all'incremento delle capacità di trattamento degli impianti di depurazione delle acque e all'aumentato impiego del macero, in particolar modo post-consumer, caratterizzati da un più elevato contenuto di impurità e di fibra non riutilizzabile.

I residui della produzione della carta hanno caratteristiche tali da renderli idonei per il riutilizzo in altre attività produttive, quali la copertura di discariche e la produzione di cemento e laterizi.

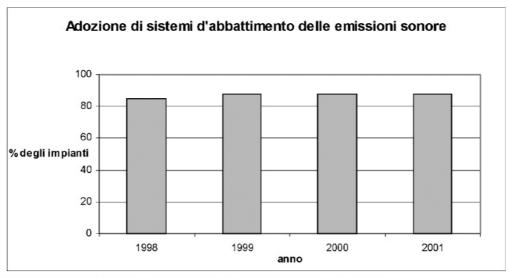
La matrice organica, e il basso contenuto di metalli e altri composti pericolosi, rende infatti i fanghi di cartiera particolarmente adatti per la termovalorizzazione, con la quale si ottiene infatti il doppio vantaggio di ridurre il consumo di combustibili d'origine fossile per la generazione d'energia elettrica e di ridurre sensibilmente il volume dei fanghi stessi. Inoltre, il fango, reso inerte dalla combustione, una volta conferito in discarica non rilascia più nell'atmosfera metano, uno dei gas responsabili dell'effetto serra.

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 62 aziende)

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 46 aziende)

Le emissioni in aria nel settore cartario derivano essenzialmente dalla produzione di energia elettrica, da cui rispecchiano le elevate efficienze.

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 65 aziende)

(Elaborazioni GTR "carta e affini" sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria, ed. 2002)

L'impatto ambientale provocato dall'industria cartaria associato alle emissioni atmosferiche è correlato essenzialmente alla produzione d'energia termoelettrica necessaria per il processo. In quest'ambito il settore già da tempo ha trovato le migliori risposte, impiegando il gas naturale in sostituzione dell'olio combustibile, e convertendo le centrali termoelettriche nella più efficiente cogenerazione. Grazie ad un progetto pilota promosso da CEPI (la Confederazione dell'Industria Cartaria Europea) nell'ambito del programma europeo SAVE, sono state recentemente esplorate le ulteriori potenzialità di sviluppo della cogenerazione nel settore in 5 paesi comunitari (Italia, Austria, Belgio, Spagna e Regno Unito). I risultati della ricerca sono incoraggianti ed indicano la possibilità, se le condizioni economiche lo permetteranno, di ottenere una riduzione di emissioni di CO_2 per un quantitativo, a livello europeo, pari a 8,9 milioni di tonnellate, attraverso la trasformazione dei cicli a vapore esistenti in cicli combinati.
L'impiego dei fanghi di cartiera, già sperimentato con successo negli altri paesi europei, per la produzione d'energia, potrebbe incrementare ulteriormente il pur positivo bilancio del settore e confermare l'impegno di rendere il ciclo produttivo il più possibile chiuso e sostenibile. In tal modo, infatti, da un lato si favorirebbe il recupero di energia, e, per questa via, l'indipendenza energetica, dall'altro si ridurrebbe il ricorso a mezzi tradizionali di produzione energetica, fornendo un forte impulso alla minimizzazione delle emissioni responsabili dell'effetto serra.

I dati sulle emissioni in aria riportati si riferiscono perciò alle sole emissioni dovute alla produzione energetica, e sono stati ottenuti moltiplicando il volume di combustibile impiegato per coefficienti standard di emissione, associati alle differenti tipologie di fattore inquinante, forniti dall'EPA (Serie AP-42, V° ed., Volume I Stationary Point and Area Sources, settembre 1998, dell'EFIG – Emission Factor and Inventory Group dell'Office of Air Quality Planning and Standards).
Per quanto riguarda le emissioni di gas ad effetto serra, Assocarta, nell'ambito dell'ICFPA (International Council of Forest and Paper Associations) ha elaborato

specifiche linee-guida settoriali per la valutazione delle emissioni da parte degli impianti di produzione cartaria.

Il rumore è un impatto ambientale, a carattere prevalentemente locale, che il settore affronta con avanzate tecnologie di abbattimento e di prevenzione, nella consapevolezza che, al contempo, la soluzione più efficace si debba trovare nella pianificazione territoriale

(Elaborazione Assocarta sulla base di un campione di 61 aziende)

Il rumore è un problema che le cartiere devono affrontare in modo particolare quando nelle vicinanze sono presenti edifici adibiti ad abitazioni. La situazione è più critica nei casi, non rari in Italia, in cui il centro abitato si è progressivamente espanso, spesso grazie proprio alla presenza della cartiera, arrivando alla sua prossimità. In questi casi, quale unica soluzione possibile per permettere la convivenza dell'insediamento produttivo con le nuove esigenze abitative, le aziende hanno adottato sistemi d'abbattimento delle emissioni sonore, in modo particolare per le fonti di maggiore intensità, quali le centrali termoelettriche, i raffinatori e i dispositivi di convogliamento e filtrazione dell'aria.

D. DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, DEGLI EVENTUALI SOTTOPROCESSI E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

La produzione della carta può essere divisa in due fasi principali: la produzione della fibra e la realizzazione del foglio.
La fibra viene ottenuta tramite estrazione dal legno, una materia prima naturale, rinnovabile e ricca di cellulosa, oppure viene recuperata attraverso il processo di riciclo della carta da macero.
La fibra vergine viene estratta per via chimica, termica e meccanica. I diversi processi portano ad un diverso grado di purezza e a proprietà chimiche, meccaniche ed ottiche differenti.
La fibra di recupero viene ottenuta con due diversi processi, a seconda che sia necessario, o meno, rimuovere gli inchiostri presenti sulla superficie del foglio.
Infine la produzione del foglio di carta, che avviene normalmente per mezzo della macchina continua, si differenza in funzione della grammatura. Sotto i 150 grammi per metro quadro si parla di carta, sopra si parla di cartoni.

Il *macero* (detto anche fibra di recupero), rappresenta una carta che è già servita per lo scopo per il quale è stata fabbricata e che viene riutilizzata nel ciclo produttivo.
Il macero per essere idoneo al riutilizzo necessita di un trattamento di elementarizzazione, in questa fase è fondamentale eliminare i materiali estranei chiamati contaminanti come plastica, vetro, ferro, colle, paraffina.

Le materia prime fibrose che formano il supporto cartaceo vengono poi additivate con varie sostanze ausiliarie che conferiscono alla carta determinate caratteristiche desiderabili.

Produzione della fibra vergine

La *cellulosa* è il composto fondamentale delle fibre vegetali, chimicamente è un composto formato da carbonio, idrogeno e ossigeno ($C_6H_{10}O_5$). Essa non si trova nel legno allo stato puro ma cementata e legata ad altri costituenti, denominati genericamente sostanze incrostanti.
Il processo produttivo consiste fondamentalmente nel ridurre il legno in fibre allo stato elementare, attuando una rimozione, parziale o totale, delle sostanze incrostanti.
Il legno è costituito da fibre di cellulosa vasi e lignina, quest'ultima è un collante (polimero naturale) che tiene unite le fibre e gli da sostegno conferendo loro una maggiore resistenza.
In base al diverso modo di trattare industrialmente la lignina e quindi di separare le fibre si distinguono differenti procedimenti classificati come: chimici, meccanici o semichimici, di conseguenza la pasta carta che si otterrà sarà denominata: pasta chimica, pasta meccanica, pasta semichimica, esistono inoltre paste denominate chemi-termo-meccaniche, chemi-meccaniche che subiscono altri trattamenti ancora. A seconda del trattamento, si potrà ottenere la sola separazione meccanica delle fibre, che rimarranno quindi avvolte da uno strato di lignina, oppure una più, o meno, spinta rimozione della

lignina, che viene disciolta attraverso l'azione combinata di agenti chimici, calore e pressione.
Nella produzione di carte bianche, le paste sia chimiche sia meccaniche subiscono anche una fase di imbianchimento, per rimuovere il colore associato con i residui rimanenti di lignina. Per la sbianca si utilizzano in genere due processi condotti in assenza di cloro gassoso, (cellulose ECF – ovvero ottenute senza l'impiego di cloro gassoso) o in totale assenza di derivati del cloro (TCF – ovvero ottenute senza l'impiego di cloro gassoso e derivati del cloro). I processi ECF e TCF, considerati ambientalmente confrontabili, rappresentano un esempio emblematico di sostituzione di composti chimici ad elevato impatto ambientale, il cloro gassoso, con sostanze di minore impatto.
L'impatto ambientale di questa fase del ciclo di vita della carta rimane comunque significativo.

Nella tabella che segue sono evidenziate le differenti rese generalmente ottenibili dai diversi processi produttivi, conseguenza del diverso grado di rimozione della lignina:

PASTA	PROCESSO	RESA% (*)	SPECIE FIBROSE PIU' USATE
CHIMICA	Chimico	40-50	Conifere e latifoglie
MECCANICA	Meccanico	90-95	Conifere e latifoglie
SEMICHIMICA	Chimico-meccanico	55-65	Latifoglie
CTMP-CMP	Chimico-meccanico	80-90	Latifoglie

(*) Quantitativo ottenibile da 100 kg. di legno secco espresso in %.

Vi sono tre metodi chimici, il Kraft, il metodo al solfito e alla soda, i più comuni sono i primi due. Benché in Europa il processo maggiormente diffuso sia quello Kraft, in Italia non vi sono impianti che operano secondo questa tecnologia. In Italia esiste un unico impianto per la produzione di cellulosa, ottenuta utilizzando il processo al solfito. Vi sono poi due impianti per la produzione di paste semi-chimiche e alcuni impianti per la produzione di pasta meccanica, la maggior parte integrati con la produzione di carta. È inoltre operante in Italia un particolare impianto per la produzione di fibra a partire dai linters di cotone. Significativo il fatto che la produzione di paste chimiche e semi-chimiche in Italia avvenga attraverso processi che non sono quelli di maggiore diffusione in Europa. Questo fa si che molti dei riferimenti presenti nel BRef in termini di MTD e di livelli prestazionali siano difficilmente applicabili alla realtà italiana in quanto si riferiscono normalmente ai processi più diffusi.

Paste chimiche - Metodo al solfito

In questo processo il legno, che proviene prevalentemente da conifere (fibra lunga) e da latifoglie (fibra corta), viene scortecciato e ridotto in pezzetti (chips) per facilitarne l'impregnazione e viene sottoposto ad un attacco chimico, a temperatura e pressione elevate.
La cottura dei chips avviene mediante l'utilizzo di soluzioni acquose di biossido di zolfo, bisolfiti, solfiti (in varie proporzioni a seconda del processo), ad alta pressione e

temperatura. Esistono processi diversi che si differenziano per il pH di cottura e per l'utilizzo di cationi diversi (sodio, calcio, magnesio, ammonio) ed implicano rese di delignificazione e caratteristiche delle paste ottenute differenti. In particolare, in Italia esiste un solo impianto per la produzione di cellulosa ed impiega il processo al bisolfito acido di calcio. In tale processo si opera ad un pH 1-2, a temperature fino a 140 °C e pressioni fino a 9 bar; le rese variano dal 45 al 55 % per un kg di legno secco.
La pasta grezza così ottenuta viene lavata ad alta temperatura e vagliata per eliminare eventuali fasci di fibre incotte o altre impurità. Nel lavaggio la pasta passa attraverso una serie di "washers" dove il liscivio viene separato da essa. Mentre nei processi che utilizzano sodio o magnesio si opera sempre il recupero dei prodotti chimici dal liscivio di cottura (sodio o magnesio, zolfo) tramite combustione, nel caso di processo a base calcio il liscivio può anche essere recuperato e commercializzato, sotto forma di ligninsolfonato dopo eventuali ulteriori trattamenti. La commercializzazione del ligninsolfonato consente di evitare la combustione del liscivio e quindi la immissione in atmosfera di particolato, NOx, SO_2 e la formazione di ceneri. Per contro richiede l'utilizzo di maggiori quantitativi di acqua di processo. Si ha inoltre il vantaggio di ottenere una resa complessiva del processo maggiore, in quanto si ottengono due prodotti finiti: la cellulosa impiegata nella produzione cartaria e il ligninsolfonato che viene utilizzato in numerose industrie come collante.
Le fibre di cellulosa vengono successivamente convogliate nelle torri di imbianchimento per eliminare il colore associato ai residui di lignina, attraverso un processo di ossidazione con ipoclorito ed acqua ossigenata (processo ECF). La cellulosa bianchita così ottenuta viene direttamente inviata all'impianto per la produzione delle carta, senza dover passare per la fase di essiccamento.

Paste semichimiche

Per la produzione di paste semi-chimiche, i chips sono prevalentemente derivati da latifoglie. Il ciclo produttivo non si discosta molto da quello chimico, se non per la minore intensità con cui viene condotto, facendo sì che la lignina e le sostanze incrostanti non vengono completamente sciolte in acqua. La rimozione solo parziale della lignina conferisce caratteristiche meccaniche ed ottiche diverse alla fibra, limitandone l'idoneità per talune applicazioni, ma aumentando la resa produttiva, che raggiunge valori dell'80%.
Uno degli impianti operanti in Italia per la produzione di paste semi-chimiche adotta la tecnologia NSSC (Neutral-Sulphite Semi Chemical). Si tratta di un sistema poco diffuso per la produzione di paste per carta, essendoci solo 4 stabilimenti in attività in Europa, due dei quali effettuano il recupero dei reagenti. Questi impianti sono integrati con la produzione di carta per onda e non prevedono processi di sbianca. Rispetto al processo al solfito classico, prevedono come reattivo chimico il solfito di ammonio, anziché di sodio. Il BRef riporta una breve annotazione relativa a tale tecnologia ma non ne approfondisce le caratteristiche e le differenze rispetto alla tecnologia tradizionale.
L'impianto operante in Italia è inoltre caratterizzato dalla particolarità che affianca alla produzione di carta anche l'estrazione dei tannini dal legno di castagno. Il tannino è un importante ausiliario per l'industria conciaria, per quella alimentare e per altri processi industriali.

Paste meccaniche

È il metodo più semplice e tradizionale per ottenere pasta carta, infatti il legno viene sfibrato esclusivamente per via meccanica. Si definiscono termomeccaniche se all'azione meccanica è associato l'impiego di vapore acqueo.
La materia prima è il solo tronchetto di legno (pioppo o abete) che viene scortecciato e pressato, in presenza d'acqua, contro una mola rotante ed abrasiva. La pasta così ottenuta deve essere assortita e le schegge od i fascetti di fibre vengono mandati in un raffinatore a dischi. Successivamente si ha la fase dello sbiancamento, con perossido di idrogeno, le acque reflue ottenute vengono inviate a dei depuratori biologici.
La resa in questo caso è molto alta fino al 90-95% per un Kg di legno secco.

Paste chemitermomeccaniche e chemimeccaniche

Sono dette paste ad alta resa, infatti la resa ammonta all'85-90% per Kg di legno secco.
In questo tipo di processi, la lignina viene ammorbidita semplicemente attraverso un blando attacco termo-chimico o solo chimico senza vapore aggiunto. Attraverso tali metodi si ottiene un vantaggio sia nell'uso della materia prima, in quanto si utilizza un legno meno pregiato, sia nel minore impiego di energia elettrica e nelle ridotte necessità di depurazione delle acque reflue.
In Italia sono attualmente operanti solo due impianti per la produzione di paste chemimeccaniche, di cui uno non integrato. Come materia prima utilizza prevalentemente chips di pioppo scortecciato proveniente come materia secondaria dalla lavorazione del legno compensato e tronchi con o senza corteccia. Da qualche anno vengono inoltre utilizzati chips di legno di recupero "post consumatore". Il legno viene scortecciato, ridotto nella pezzatura utile (cippatura) e immagazzinato. La segatura prodotta in queste fasi viene scartata e inviata alle fabbriche di pannelli truciolati. Il chip viene quindi trattato con acqua e NaOH. Le percentuali di prodotti chimici ed acqua da utilizzare per l'impregnazione del legno sono variabili a secondo della qualità di pasta chemimeccanica richiesta. L'impregnazione avviene in tine ad una temperatura di circa 45 °C. Alla fine del processo di impregnazione, che ha lo scopo di ammorbidire la lignina contenuta nel legno per mezzo del NaOH, la soluzione acqua legno viene addensata per mezzo di coclee che inviano il legno alla successiva fase di lavorazione. La fase di addensamento può venir preceduta dal processo di sbianca che viene successivamente descritto. Il liscivio, in parte esausto, è nuovamente arricchito di prodotti chimici per essere quindi riutilizzato per altre impregnazioni, in un ciclo chiuso. Successivamente il legno può essere sottoposto ad un trattamento di lavaggio e spremitura, per evitare il passaggio alle fasi successive del carico inquinante presente nelle acque di impregnazione.
Nella fase successiva si ha la raffinazione dei chips in raffinatori a disco a pressione atmosferica ed a bassa temperatura. La funzione dei raffinatori a disco è quella di elementarizzare le fibre di legno ed arrivare il più possibile vicino alla fibra unitaria che costituirà il foglio di carta. Con questo procedimento non viene rimossa la lignina, ottenendo così rese vicine al 95%. Dopo la raffinazione, si porta l'impasto a una forte diluizione per separare le fibre legnose elementarizzate da quelle ancora unite in fascetti o piccole schegge, per mezzo di macchine filtranti a fori o fessure. Un ulteriore fase di

assortitura prevede l'impiego di cleaners (idrocicloni). Le schegge ed i fascetti di fibre recuperati vengono smaltiti o, ove possibile, rimandati alla raffinazione, mentre la pasta chemimeccanica viene addensata per ricevere il trattamento di sbianca che avviene in aggiunta, od in alternativa, alla sbianca precedente all'addensamento. L'acqua recuperata nella fase di addensamento, viene riutilizzata per la diluizione della pasta a monte della fase di assortitura. Una quantità modesta d'acqua, proveniente dagli scarti degli idrocicloni e da spillamenti, viene mandata in depurazione.
La sbianca avviene con acqua ossigenata (H_2O_2) in presenza di silicato di sodio (Na_2SiO_3) e soda caustica (NaOH). Da qui l'impasto viene diluito ad una consistenza tale da renderlo pompabile e va ad alimentare la macchina continua, nel caso di impianti integrati, o la formazione e allestimento della balla di pasta, nel caso di impianti non integrati. La pasta chemimeccanica viene commercializzata in fogli con diversi gradi di secco. Per raggiungere il grado di secco del 45-50% è sufficiente impiegare una macchina pressapasta. Per mezzo di un impianto di essiccamento tramite l'aria calda prodotta da un impianto di cogenerazione è possibile invece raggiungere un grado secco intorno al 85-90 %. L'impianto di essiccazione è formato da una serie di tubi, di torri e di cicloni dove la miscela d'aria calda incontra la pasta di legno umida da essiccare.
L'aria umida servita per l'essiccazione viene trattata con un abbattitore ad umido e i fanghi di fibra che escono dall'abbattitore vengono immessi in testa all'impianto di produzione.
Questa seconda soluzione richiede un maggiore apporto energetico, a causa del maggiore grado di secco raggiunto, ma permette un significativo risparmio energetico nella successiva fase di movimentazione su strada del bene prodotto.

Produzione di carta e cartone

Il processo di produzione della carta consta di quattro fasi principali: la preparazione dell'impasto, la formazione del foglio, l'essiccazione del foglio e l'eventuale allestimento. Altre operazioni fondamentali quali la calandratura, patinatura, goffratura, servono alla successiva caratterizzazione qualitativa del prodotto.

Il processo produttivo, soprattutto a livello di preparazione dell'impasto, si differenzia principalmente in funzione della materia fibrosa in ingresso.

Processo di produzione a partire da fibre vergini

La prima fase di un processo cartario consiste nella preparazione di una sospensione acquosa di fibre e cariche la quale, in seguito disidratata, costituirà il foglio di carta. Le materie prime fibrose (diversi tagli di cellulosa vergine, pasta di legno) vengono generalmente acquisite allo stato secco, ridotte in fogli pressati in balle e ad una certa umidità in equilibrio con l'ambiente atmosferico (circa il 10%). Esse, previa aggiunta di acqua, vengono spappolate in uno o più "pulper", capienti tine ad asse verticale in cui un rotore, posto sul fondo, provvede alla completa apertura del contesto fibroso fino ad ottenere una sospensione di densità del 3-15% (3-15 parti di fibra su 100 parti di acqua). I pulper lavorano normalmente trattando 'batches' separati di prodotto; negli ultimi anni si stanno diffondendo anche pulper continui ad asse orizzontale. Gli impianti integrati a

monte con la produzione di fibra vergine (poco diffusi in Italia) ricevono invece direttamente, tramite tubazioni, la fibra sospesa in acqua prodotta in sito.

Dopo lo spappolamento le fibre cellulosiche devono subire un trattamento di *raffinazione*. Questa è l'operazione tecnologica più critica dell'intero processo poiché essa produce nelle fibre modificazioni, più o meno profonde, che influenzano fortemente le proprietà finali del foglio quali la resistenza alla trazione, alla lacerazione, allo scoppio e alle piegature, oltre a favorire la compattezza, l'opacità e l'igroespansività. In pratica, con la raffinazione le fibre vengono idratate e sfibrillate, quindi rese plastiche ed in grado di creare, su tutta la loro integra lunghezza, un numero elevato di legami (una maggiore ramificazione ed irruvidimento della superficie delle fibre consente una maggiore coesione tra di esse).
Il trattamento avviene all'interno dei 'raffinatori', macchine costituite da una carcassa contenente, affacciati, dischi rotanti dalle superfici intagliate con scanalature di opportuno disegno. La distanza tra i dischi è regolabile micrometricamente o con sistema idraulico. La pasta viene introdotta al centro della zona interdisco da cui, grazie alla rotazione di uno o entrambi i dischi, viene centrifugata alla periferia, subendo così l'azione di sfregamento da parte delle nervature dei dischi, e da qui in seguito convogliata all'uscita. Se la raffinazione viene condotta in maniera troppo spinta si possono produrre effetti indesiderati quali perdite di bianco, di spessore, lacerazioni, accorciamenti, un'eccessiva idratazione della fibra.

La sospensione raffinata viene raccolta in tine di stoccaggio, e da qui prelevata in opportune proporzioni ed inviata alla tina di miscela, dove l'impasto viene additivato con cariche, collanti, coloranti e additivi chimici (coesionanti, ritensivi, antilimo, ecc…).
Le cariche sono sostanze minerali (carbonati, silicati, farine fossili, ecc…) che hanno lo scopo di riempire gli interstizi tra le fibre, in modo da ottenere una superficie del foglio chiusa e piana, adatta alla stampa.
I collanti, in genere amidi, cere o resine, migliorano la stampabilità della carta, pertanto non vengono aggiunti a tutte le carte, ma solo a quelle per usi grafici. L'agitazione nella tina di miscela deve essere mantenuta uniforme e costante nel tempo, per evitare sedimentazioni dovute al diverso peso specifico delle varie componenti.
Così preparato, l'impasto viene poi travasato nella tina di macchina, la quale assolve alla duplice funzione di tenere sempre in agitazione l'impasto e di costituire un polmone di pasta pronta per essere avviata alla fabbricazione.

Una particolare pompa (la *fan-pump*) preleva impasto dalla tina di macchina, lo miscela con acqua ed invia la sospensione così diluita alle successive fasi di epurazione e assortimento. L'epurazione avviene in cicloni a liquido (cleaners), i quali separano le impurità ad alto peso specifico (sabbia, polveri metalliche) imprimendo ad esse un moto rotatorio discendente, mentre l'impasto epurato fluisce in senso ascendente.

La pasta epurata alimenta poi la batteria di assortitori (a fori o a fessure), dotati di un tamburo forato ad asse verticale; la pasta, spinta all'interno del tamburo, viene costretta attraverso i fori da un sistema di pale rotanti. Particelle leggere come grumi o schegge legnose si raccolgono sul fondo e vengono quindi scartate o filtrate attraverso ulteriori assortitori.

Gli scarti separati dalle batterie di cleaners e di centri-screen costituiscono in pratica i soli rifiuti generati dal processo.
All'uscita dei centri-screen l'impasto è pronto per essere inviato in fabbricazione. A ciò provvede la *cassa d'afflusso*, che costituisce l'elemento di passaggio dalla sezione "preparazione impasto" alla sezione "parte umida", e rappresenta il 'cuore' della macchina continua[1]. La sua funzione è quella di distribuire un flusso di pasta (di consistenza di circa l'1%), proveniente da una tubazione di grande diametro, in un sottile getto largo parecchi metri col minimo di turbolenza richiesto per una buona dispersione ed esente da flocculazione. La pasta fuoriesce attraverso una lunga feritoia regolabile in apertura, denominata 'labbro', e viene distribuita su una tela a trama molto fitta chiusa ad anello, animata da una velocità lineare uguale alla velocità che ha il getto all'uscita dal labbro. Il complesso tela-elementi drenanti-sistema di raccolta delle acque prende il nome di *tavola piana*. La sua funzione, oltre a supportare il feltro fibroso umido, consiste nell'iniziarne la disidratazione estraendo la maggior parte dell'acqua prima per gravità, poi tramite l'applicazione di un vuoto sotto la tela, inizialmente blando e man mano più violento. Nella tavola piana si distinguono quattro zone di drenaggio: a) drenaggio per gravità, immediatamente a valle del labbro, b) drenaggio naturale su lame *foils*, fisse o regolabili, o su *cilindri sgocciolatori* rotanti, c) *cassette aspiranti*, collegate con la rete del vuoto, d) *cilindro aspirante*, posto in testa alla tavola piana.
Contemporaneamente al drenaggio, avviene sulla tela il fenomeno della *formazione* del foglio. Questo meccanismo veniva spiegato in passato ipotizzando una pura feltrazione meccanica per effetto dell'azione tra le fibre, mentre attualmente il fenomeno è attribuito a complessi fenomeni cinetici (legami idrogeno, forze chimiche e forze di adesione molecolari).

Dopo il cilindro aspirante un altro cilindro, sempre aspirante ma a minor grado di vuoto (*pick-up*) 'aspira' il foglio dalla tavola piana e lo immette nella sezione presse. La funzione delle presse umide consiste nel comprimere uniformemente il foglio per 'spremere' ulteriore acqua da esso. Tale acqua viene trasferita dal foglio ai feltri umidi (i quali, oltre a costituire i recettori per l'acqua, sostengono contro la pressa il foglio e ne preservano l'integrità), ed in seguito eliminata tramite cassette aspiranti aderenti ai feltri. Le presse, che possono essere piane o aspiranti, sono costituite da coppie di cilindri, uno generalmente di materiale duro (materiale sintetico, granito o altro) e l'altro di acciaio rivestito di gomma. La pressione tra i due cilindri lungo la linea di contatto (nip) supera anche i 150 kg/cm lineare.

All'uscita dalle presse, la carta ha un'umidità del 50-60%, e si può ritenere che l'acqua in eccesso, rispetto a quella che può essere trattenuta per capillarità, sia stata completamente eliminata. L'acqua restante, trattenuta dunque essenzialmente nei capillari, non può essere ulteriormente eliminata per via meccanica, e può essere asportata solo tramite l'azione del calore. Tale operazione avviene nella *seccheria*, costituita da una lunga serie di cilindri cavi con testate imbullonate, disposti in più

[1] La macchina per la produzione della carta si chiama *continua* in quanto il foglio di carta si genera senza interruzioni: la sospensione fibrosa si trasforma in un nastro continuo passando attraverso la parte umida e la seccheria.

batterie essiccatrici; il calore necessario all'evaporazione dell'acqua residua viene fornito da vapore saturo a bassa pressione che, alimentato nei cilindri essiccatori, condensa sul mantello interno del cilindro stesso. Il calore generato dal passaggio di stato vapore-liquido si trasmette attraverso il mantello metallico dei cilindri e provoca l'evaporazione dell'acqua residua nel foglio; feltri essiccatori aumentano l'aderenza tra foglio di carta e mantello metallico dei cilindri.

Per evitare che il nastro di carta sia sottoposto a shock termici, le batterie essiccatrici devono somministrare calore in maniera graduale, e dunque occorrerà mantenere ottimizzata la curva di temperatura lungo l'intero sviluppo della seccheria; questa, a sua volta, è protetta da una cappa di alluminio per evitare correnti di aria fredda, con conseguenti dispersioni di calore, ed per ottenere una buona ed omogenea distribuzione del calore su tutta la sezione trasversale del foglio.

Raggiunta l'umidità prevista (6-7%), il foglio esce dalla seccheria e subisce eventualmente un passaggio in 'liscia di macchina', un gruppo di cilindri posti verticalmente a contatto tra loro, i quali conferiscono alla carta una miglior compattezza.
Il nastro di carta viene in seguito arrotolato da un cilindro avvolgitore (*pope*) in una grossa bobina, in seguito ridotta in rotoli di varie altezze e larghezze tramite un passaggio in *bobinatrice*.

Post-trattamenti ed allestimento

La fase di "post-trattamento" (o finitura) consiste nel far subire alla carta in rotoli, in uscita dalla macchina continua, quelle operazioni di patinatura, calandratura, goffratura o accoppiamento tali da renderla idonea all'impiego.
L'allestimento è invece la successiva fase di taglio della carta in formato (fogli o rotoli).

Riarrotolatore

Alcuni impianti prevedono che la carta, prima di subire i trattamenti finali, venga riarrotolata e ciò per diversi motivi quali, ad esempio, la possibilità di eliminare subito la produzione non regolare e di effettuare le giunzioni in maniera adeguata al fine di poter inviare alla calandra soltanto carta priva di difetti, velocizzando così il lavoro senza rischiare di danneggiare la superficie delicata dei cilindri con l'introduzione di fogliacci.
Se la carta è destinata alla patinatura, il passaggio attraverso il riarrotolatore è praticamente indispensabile, perché ciò permette di individuare e di chiudere, con carta gommata o accoppiata a un film di resine termoplastiche adesive, gli eventuali buchi o falle insite nel foglio stesso.
Il riarrotolatore viene impiegato anche, ad esempio nella produzione di carte per uso igienico-sanitario, per accoppiare più fogli di carta (veli).

Patinatura

Per carta patinata s'intende quella carta che ha ricevuto su una o su entrambe le facce uno o più strati di patina.
La patina è una dispersione acquosa di sostanze minerali dette pigmenti, finemente suddivise e legate da un adesivo che ha pure lo scopo di fissarle sulla carta base. La patina chiude gli interstizi esistenti tra fibra e fibra, livella le asperità e forma una pellicola continua morbida, plastica e uniforme che rende la carta più bella e gradevole alla vista e al tatto e assai più adatta a ricevere la stampa. In contrapposto vi sono alcuni elementi negativi: le carte patinate sono più fragili, più delicate, più sgualcibili e meno resistenti all'usura, all'umidità e al tempo.
Nella tecnica cartaria la pratica di patinare la carta è relativamente recente. L'operazione può essere effettuata sulla carta finita mediante apposite macchine patinatrici dette "fuori macchina", se la patinatura è effettuata sulla carta dopo che questa è uscita dalla continua, o "in macchina", se il dispositivo patinante è inserito direttamente nel corpo della macchina continua.
Tre sono comunque gli elementi base per produrre la carta patinata: i pigmenti, gli adesivi e la carta supporto.
Il pigmento o la miscela dei pigmenti costituiscono l'elemento più importante della miscela per patinatura, oltre che rappresentare percentualmente la stragrande maggioranza nella formulazione, per cui le caratteristiche superficiali della carta patinata sono influenzate dalla loro presenza e natura. Caratteristiche dei pigmenti per essere ritenuti idonei sono: ottima disperdibilità in acqua, adatta grandezza particellare, alto potere coprente, elevato grado di bianco, bassa assorbenza di acqua, buona inerzia chimica e insolubilità in acqua, compatibilità con gli adesivi e con gli altri additivi, assenza di abrasività. I pigmenti più adoperati sono il caolino, il carbonato di calcio, il bianco satin, il biossido di titanio e il solfato di bario.
Nelle carte patinate l'adesivo deve dare alla miscela patinante, al pigmento o alla miscela di pigmenti delle proprietà di flusso, di scorrevolezza, di viscosità e attività reologiche elevate. Inoltre deve avvolgere le minute particelle di pigmento e provvedere a saldarle reciprocamente durante la fase di essiccamento oltre a provvedere a saldare il film di patina al supporto base. Un'altra funzione è legata all'interazione della superficie della carta con l'inchiostro da stampa; è noto, per esempio, che una patina contenente elevate quantità di adesivo può innescare fenomeni di rifiuto d'inchiostro, mentre il grado di lucido di una carta patinata sotto l'effetto della calandra è tanto maggiore quanto più scarso è l'adesivo nella patina.
La qualità più importante di un adesivo è il potere legante: più questo è elevato, minore sarà la quantità richiesta e tutto ciò favorisce l'ottenimento di una patina soffice, opaca, assorbente agli inchiostri, brillante, bianca e morbida. I principali adesivi sono la caseina, i lattici sintetici, l'amido. Le qualità del supporto che hanno maggior influenza sulla carta finita, sono: grado di purezza, colore, condizioni superficiali, porosità, assorbenza, opacità, collatura, ecc. Il grado di collatura è importante perché condiziona l'assorbenza, la ricettività della patina e la resistenza allo sfaldamento superficiale dato che il tiro dell'inchiostro aumenta con la levigatezza della superficie. Lo strato superficiale deve possedere valori di porosità e di uniformità ben definiti: una eccessiva porosità può pregiudicare la possibilità di ottenere una superficie chiusa, lucida e omogenea; l'eccessiva compattezza e mancanza di assorbenza, può impedire di stendere in superficie la voluta grammatura di patina.

L'impianto di produzione delle patine per la carta è costituito da una combinazione di processi di miscelazione, pompaggio, filtrazione, stoccaggio e trasporto dei diversi componenti e del prodotto finito. Prevede quindi la presenza di serbatoi di notevoli dimensioni, pipelines, pompe, valvole e sistemi per il dosaggio di materiali in polvere, sotto forma di soluzioni polimeriche o dispersioni in fase acquosa.
Le operazioni di patinatura possono essere così schematizzate: i pigmenti, approvvigionati in polvere o in sospensione, vengono scaricati e trasportati al dispersore. Qui, pigmenti, acqua, agenti di dispersione e modificatori di acidità vengono energicamente miscelati. La dispersione così ottenuta viene trasferita per gravità in un recipiente agitato, per poi essere pompata in un serbatoio di stoccaggio attraverso una serie di setacci. Un legante proteico in polvere viene trasferito in un serbatoio tramite linee pneumatiche per essere dosato con un sistema a coclea in un miscelatore per la preparazione (cottura) e quindi pompato in un serbatoio di stoccaggio. Amido e CMC (carbossimetilcellulosa) vengono trattati analogamente, subiscono cottura ed eventuali trattamenti chimici per modificarne le proprietà. Diversi additivi vengono stoccati in serbatoi di minori dimensioni prima di essere immessi in modeste quantità nel miscelatore finale per la preparazione della patina.
I principali componenti della patina vengono immessi nel miscelatore e dosati con l'ausilio di celle di carico o pompe dosatrici; il sistema, completata la miscelazione, viene conservato in un serbatoio agitato prima di essere pompato attraverso una serie di filtri alle teste di patinatura.
Di norma, soltanto il 5 -10% della patina inviata alle teste di patinatura viene applicato sul supporto; la patina in eccesso viene riciclata dopo essere stata accuratamente filtrata.
I sistemi moderni fanno passare il foglio su cilindri essiccatori privi di feltro e racchiusi entro cappe ove forti correnti di aria calda asciugano la superficie, oppure dispositivi integranti possono essere realizzati con pannelli a radiazione di raggi infrarossi, alimentati elettricamente o con piastre porose a gas.

Calandratura

Una classificazione molto generica suddivide le calandre in fredde e calde. Le prime subiscono un riscaldamento dovuto all'esercizio, le seconde invece vengono appositamente riscaldate mediante iniezione di acqua ad alta temperatura o vapore sotto pressione nel cavo dei cilindri. Le calandre possono essere anche dotate anche di circuiti raffreddanti funzionanti ad acqua.
Le calandre fredde sono costituite da una serie di cilindri sovrapposti, alternativamente di ghisa fusa e di materiale soffice (cartalana o materiale polimerico). La carta è introdotta in calandra dall'alto, tra il cilindro più alto e quello sottostante, per cui ciascuna faccia del foglio tocca alternativamente una superficie di ghisa e una di carta. A circa metà della calandra si trovano due cilindri in carta contigui atti a invertire la superficie del foglio a contatto con la ghisa: quella che prima toccava i cilindri in ghisa toccherà quelli di carta e viceversa. L'effetto di lucido è dato infatti dalla superficie durissima della ghisa: i cilindri di carta sono solo di contropressione e, per la loro morbidezza, non alterano il lucido che la carta ha già ricevuto a contatto con la ghisa.
Una spiccata azione di lucidatura per frizionamento è poi richiesta dalle carte patinate, per le quali si impiegano in molti casi cilindri in cotone, molto morbidi e con buon potere lucidante.

Il buon risultato in una calandratura non dipende solo dal tipo di calandra e dalle modalità di esecuzione, ma anche dalla calandrabilità della carta; un impasto molto raffinato darà carta più calandrabile, come su carta soffice sarà possibile ottenere una buona calandratura in quanto si potrà aumentare la pressione senza ottenere carta grigia.

Accoppiamento

La carta può essere accoppiata con altri materiali, quali polietilene, alluminio, silicone, paraffine, ecc... in funzione dell'impiego finale (imballo alimentare, imballo non alimentare, usi elettrici, ecc.).
Uno dei principali impieghi delle carte accoppiate è quello alimentare, nel caso di contatto con sostanze grasse. In questo caso i materiali impiegati devono soddisfare precise requisiti di idoneità. Tra i materiali più usati per l'accoppiamento in carte destinate al contatto con alimenti vi è il polietilene, che viene estruso ad alte temperature (350°C) al fine di formare una pellicola omogenea poi applicata al foglio di carta. Ad alte temperature, infatti, la viscosità di questo polimero è molto bassa e quindi si ha una certa facilità nella stesura dello stesso e nell'ottenimento di un film dalle caratteristiche quanto più uniformi possibile. L'accoppiamento al foglio di carta avviene mediante un processo di laminazione a freddo in cui il polimero è sottoposto ad un elevato sbalzo di temperatura: il cilindro su cui scorre il foglio, dopo l'accoppiamento con il polietilene, presenta una temperatura tale da consentire il raffreddamento e il deposito del polietilene sul medesimo. Gli oggetti finiti devono essere conformi, oltre che alle norme generali del DL n. 108 del 25.1.92 e al DPR n. 777 del 23.8.82, anche alle norme specifiche del DM 21/3/73 e successivi aggiornamenti relativi ai materiali considerati.

Allestimento

Il taglio in rotoli (c.d. bobinette) avviene per mezzo di riarrotolatori dotati di lame. Per il taglio in foglio vengono utilizzate invece macchine chiamate "taglierine", che consentono di tagliare e raccogliere, in fogli di dimensione voluta, la carta avvolta in rotolo. La carta così ottenuta viene quindi avviata al confezionamento: i fogli una volta tagliati vengono raccolti su bancali e vengono protetti da un idoneo avvolgimento (generalmente polietilene termoretraibile o film estensibile) e inviati al cliente.

Processo di produzione a partire da macero

Nel caso venga impiegata carta da macero come materia prima, è necessario che le relative fibre vengano rinobilitate in modo da essere rese idonee per la produzione di nuova carta. In effetti alcune qualità di macero, all'arrivo in cartiera, contengono ancora materiali indesiderati quali plastiche, polistirolo, sabbia, parti metalliche, vetro, colle e paraffine che costituiranno, nel loro insieme, lo *scarto di pulper*. L'operazione di spappolamento all'interno del pulper produce una prima grossolana azione di pulizia dell'impasto. Successivamente allo spappolamento, si ha la fase di *depurazione*, in cui l'impasto viene separato dai contaminanti. Questa operazione viene effettuata mediante

specifiche macchine che separano la fibra di cellulosa dai contaminanti sia per forza centrifuga e differenza di peso specifico che mediante passaggio forzato attraverso fori e fessure di area molto piccola; queste aperture consentono solo il passaggio delle fibre e dei materiali con dimensioni simili mentre tutto ciò che ha dimensioni maggiori viene allontanato dall'impasto. Segue l'operazione di *frazionamento*, dove le fibre vengono divise in "corte" (fibre che hanno già subito diversi cicli di lavorazione) e "lunghe" (fibre più nuove e resistenti). Si ha poi una seconda fase di depurazione in cui vengono separati contaminanti come cere, paraffine, catrame, colle e simili; infine si procede alla raffinazione dell'impasto, operazione che ha il compito di esaltare la resistenza meccanica delle fibre lunghe. A questo punto, dopo una terza fase di depurazione "fine" e l'immissione dei prodotti chimici, l'impasto è pronto per essere mandato in macchina continua.

Nel caso sia richiesto anche un elevato grado di bianco, e per utilizzi qualitativamente più elevati (ad esempio alcuni tipi di carte grafiche e di carte tissue), il processo risulta essere più complesso per la presenza di una fase di *disinchiostrazione*. Questa prevede degli stadi di separazione dell'inchiostro dalla fibra, e, successivamente, l'incremento del grado di bianco dell'impasto ottenuto. L'allontanamento dell'inchiostro si realizza generalmente con un processo di *flottazione*. L'impasto, estremamente diluito ed addizionato di un opportuno sapone o tensioattivo, viene dapprima inviato all'interno di un flottatore. Successivamente dal basso viene insufflata aria che, grazie alla presenza del sapone, genera bolle che salgono in superficie, producendo schiuma e catturando le particelle di inchiostro, normalmente idrofobe, che vengono così allontanate dalla fibra. La schiuma, contenente la maggior parte dell'inchiostro presente nell'impasto, viene successivamente rimossa ed allontanata dal processo. Gli stadi di flottazione potranno essere più di uno a seconda del livello qualitativo dell'impasto che si vuole ottenere.
Un altro processo fondamentale nel contesto della disinchiostrazione è la dispersione dell'inchiostro. L'impasto, successivamente alla flottazione, viene addensato e fatto passare tra due dischi con rilievi superficiali, per poter favorire, grazie ad un'azione meccanica, la riduzione dimensionale delle impurità residue, che divengono così meno visibili ed eventualmente rimovibili con un ulteriore stadio di flottazione, quando presente.
Spesso la richiesta qualitativa, in considerazione della carta che si deve produrre, è tale da richiedere l'incremento del grado di bianco dell'impasto prodotto e ciò rende necessario ulteriori stadi aggiuntivi nel processo di disinchiostrazione.
Con la disinchiostrazione si producono generalmente maggiori quantità di rifiuti (rispetto alla produzione cartaria in genere, anche quella che utilizza carta da macero senza uso della disinchiostrazione), in prevalenza fanghi. Al contempo, tale processo consente di ampliare sensibilmente il campo di applicazione dei maceri, permettendo di raggiungere un tasso di riciclo dei prodotti cartari più elevato.
La qualità finale dell'impasto prodotto nei processi basati sull'impiego di macero è quindi strettamente correlata con le caratteristiche qualitative del macero utilizzato e con l'intensità del processo di purificazione; pertanto, a seconda del tipo di carta che si produce, è necessario utilizzare materie di partenza differenti. Per la produzione di carta per riviste (patinatino) si utilizzerà un macero più selezionato rispetto a quello considerato, ad esempio, nel caso del cartone o della carta per quotidiano. Non bisogna infine dimenticare che vi sono differenze nella possibilità di rimozione di impurezze ed inchiostri tra diverse tipologie di macero. Ad esempio le guide telefoniche, gli stampati

contenenti inchiostri a base acqua (flessografia, stampa ink-jet), oppure fortemente legati alla fibra (toner ecc.) risultano generalmente più difficili da disinchiostrare.

L'Italia è un paese non autosufficiente dal punto di vista della raccolta del macero e per soddisfare la domanda interna è necessario importarne una quantità pari circa a 600.000 t/a, che si aggiungono alle 4.600.000 t/a raccolte a livello nazionale. Più di 3.000.000 di t/a provengono dal sistema privato, dalla raccolta industriale, dai servizi e dalla grande distribuzione. Circa 1.500.000 t/a vengono raccolte tramite raccolta a livello urbano, con il supporto (non esclusivo) del Comieco. Quest'ultimo è il consorzio nazionale per il recupero e il riciclo degli imballaggi a base cellulosica, costituito dalla filiera cartaria in attuazione della Direttiva 94/62 sugli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio e del Titolo II del Dlgs 22/97 sulla gestione degli imballaggi.
Il sistema privato è formato da una moltitudine di raccoglitori di piccole e medie dimensioni. La raccolta viene effettuata secondo modalità diverse. Ad esempio, collocando appositi container scarrabili spesso dotati di autocompattatore o abbinati a presse stazionarie presso i supermercati, i grandi magazzini, gli uffici in genere ma anche aziende ed ogni altra realtà dove viene utilizzata e raccolta la carta. Nei magazzini dei raccoglitori viene fatta prima un'operazione di pulizia del materiale in ingresso, durante la quale viene allontanato tutto ciò che non è utile all'operazione di riciclo; successivamente le carte di qualità indifferenziata vengono suddivise in gruppi omogenei, se già non lo sono alla fonte, secondo le categorie identificate dalla norma UNI EN 643 ottenendo in tal modo una materia prima seconda di qualità più pregiata (anche ai sensi del DM 5 febbraio 1998). A questo punto le varie tipologie vengono pressate, legate ed inviate in cartiera.

In conclusione vanno ricordati i gruppi principali usati per classificare la carta da macero, in accordo alla norma UNI EN 643. Essi sono riportati di seguito con una sintetica elencazione delle qualità comprese in ogni gruppo. Per maggiori e ulteriori informazioni sulla lista e sulle qualità si suggerisce di consultare la UNI EN 643, ottobre 2002.

Gruppo 1: qualità ordinarie
In questo gruppo sono comprese la carta non selezionata proveniente dalla raccolta presso le famiglie, un misto di diverse qualità di carta e cartone, refili di cartoni grigi senza cartone ondulato, imballaggi di carta e cartoni usati costituiti da cartone ondulato (in prevalenza), cartoni piani e carta da imballaggio, refili di cartone ondulato, periodici e riviste invenduti, resa quotidiani, giornali, riviste, cataloghi, stampati, periodici ed elenchi con o senza punti metallici, macero di carta da ufficio triturata.

Gruppo 2: qualità medie
In questo gruppo sono compresi i giornali invenduti, se stampati su carta bianca, refili di stampa o di riviste di carte a base di pasta meccanica con e senza dorsi collati, refili bianchi, stampati di colori diversi, se esenti da dorsi collati, corrispondenza a base di carta per stampa e per scrivere di vari colori con o senza stampa, libri senza copertina rigida, scarti di stampa di libri senza pasta meccanica, periodici e riviste bianchi o colorati, patinati o non patinati, carte autocopianti bianche e colorate, cartone bianco politenato, moduli in continuo con pasta meccanica.

Gruppo 3: qualità superiori
Comprende i refili di stampati misti di colore chiaro, schede meccanografiche, moduli in continuo bianchi senza pasta meccanica, l'archivio bianco misto, l'archivio bianco senza pasta meccanica, i cartoni multistrato bianchi stampati, il bianco giornale da quotidiani e da periodici, il bianco patinato con e senza pasta meccanica, i refili bianchi misti, i refili bianchi senza pasta meccanica.

Gruppo 4: qualità Kraft
Ondulato greggio, ondulato kraft, sacchi kraft usati, kraft nuovo o usato.

A questi 4 gruppi va aggiunto il Gruppo 5, che include le c.d. qualità speciali (ad esempio etichette e imballaggi di cartone per liquidi) non sempre utilizzabili dalle cartiere per motivi tecnologici o/e per esigenze connesse al tipo di prodotto finito.

Produzione di carta ad uso igienico e sanitario

Il processo produttivo della carta ad uso igienico e sanitario "tissue" differisce dagli altri processi produttivi di carta fondamentalmente per la grammatura delle carte prodotte che è molto bassa e variabile da 12 ai 30 grammi/m^2. Strati successivi vengono accoppiati tra di loro nella fase di trasformazione ottenendo un prodotto finito formato da 1 fino a 4 veli, le cui caratteristiche fondamentali sono la sofficità, mordidezza, spessore e capacità di assorbenza dei liquidi.

Il processo produttivo della carta "tissue", si distingue in 3 (tre) sezioni distinte, in sequenza tra loro, denominate come segue:

- preparazione degli impasti;
- fabbricazione della carta;
- trasformazione del semilavorato in prodotto finito (allestimento).

Nell'ultima sezione, quella di allestimento, sono disposte le apparecchiature necessarie per eseguire la trasformazione della carta bobinata nei prodotti confezionati. Quest'ultima fase, pur non essendo una attività di cartiera vera e propria, e pur non rientrando nella definizione di "attività IPPC", è spesso presente nei siti di produzione di carta tissue.

Preparazione degli impasti

La preparazione degli impasti ha inizio, come per le altre carte, con lo spappolamento in acqua, della cellulosa di conifere o di latifoglie, della pasta legno e fibra riciclata acquistata in balle con contenuto secco del 90%.
Tale trasformazione è realizzata in vasche (pulper) munite di agitatori meccanici, sino ad ottenere una concentrazione di secco del 5% circa. L'operazione è discontinua e la sua durata è funzione della materia prima impiegata.

Durante le successive fasi del processo di lavorazione, gli impasti ottenuti vengono miscelati, stoccati, quindi depurati e depastigliati allo scopo di disgregare i grumi, sino a raggiungere la consistenza finale di 0,2% circa ideale per la formazione del foglio.
Nella preparazione di carta idroresistente, all'acqua di lavorazione sono additivate resine che polimerizzando durante il processo di fabbricazione e nella successiva fase di stagionatura del semilavorato in magazzino conferiscono al prodotto la capacità di resistere al bagnato.
Altri ausiliari tecnologici impiegati in funzione della lavorazione in corso, in diluizione nell'acqua di processo, sono costituiti da amido o resine per conferire resistenza a secco.
Inoltre, come coadiuvanti di lavorazione (ciascuno in quantità inferiore all'1%) sono utilizzati flocculanti, antischiuma, disperdente per pece.

Fabbricazione della carta

L'impasto precedentemente ottenuto viene distribuito, con l'ausilio di pompe, su una (tavola piana) o due apposite tele (processo a doppia tela di formazione) che, girando alla velocità di 1.000-1.500 m/min, provvedono a trattenere ed a trasportare le fibre e, al contempo, permettono il drenaggio dell'acqua per gravità e per depressione, dando così luogo alla formazione della carta.
Poiché soltanto il 60-80% delle fibre che giungono sulle tele è trattenuto dalle medesime, l'acqua drenata, che contiene la restante quota parte di fibre, è raccolta, filtrata per recuperare le fibre presenti e riutilizzata nel ciclo produttivo.
Il foglio umido è trasferito su un feltro e da esso tramite un cilindro pressa, aspirante, alla successiva fase finale di essiccazione e crespatura.
La fase finale di essiccazione, cuore del processo di fabbricazione "tissue" ha luogo su di un cilindro cavo di ghisa (monolucido) di grande diametro sul quale viene fatto aderire il nastro di carta che viene successivamente distaccato per mezzo di lame crespatrici che conferiscono alla carta l'aspetto caratteristico dei prodotti "tissue".
Il cilindro monolucido è riscaldato internamente con vapore saturo a 7-8 bar, mentre esternamente, con l'ausilio di cappe a tenuta, dall'alto è riscaldato con getti d'aria calda a temperatura intorno ai 400 °C.

Per regolare l'aderenza della carta, sono nebulizzate sul cilindro piccole quantità di additivi la cui composizione è costituita da acqua, e mix di prodotti chimici che hanno il duplice scopo di far aderire il foglio alla superficie del monolucido e allo stesso tempo proteggere la stessa dall'azione meccanica data dalla lama crespatrice.
Il vapore, immesso in pressione all'interno del cilindro, fornisce il calore necessario all'evaporazione di parte dell'acqua presente nel nastro di carta e di portare lo strato degli additivi nebulizzati a condizioni di temperatura ottimali .

L'essiccazione finale viene coadiuvata da cappe munite di ventilatori per il convogliamento di aria calda secca (temperatura di circa 400 °C) sul nastro di carta.
L'alta temperatura è raggiunta impiegando bruciatori a gas metano, dove l'aria è riscaldata e mescolata ai fumi di combustione.
L'aria esausta proveniente dalle cappe del monolucido, dopo aver contribuito ad essiccare il foglio di carta, viene aspirata, riciclata e solo in parte convogliata in atmosfera attraverso un recuperatore di calore.

Nell'ambito del processo "tissue", nell'ultimo decennio è stata sviluppata anche una tecnologia denominata *Through Drying* con cui si ottengono prodotti con particolari caratteristiche di morbidezza, sofficità e spessore associate a grammature inferiori, quindi con minor impiego di cellulose. Per contro questa tecnologia richiede un maggiore consumo energetico specifico sia elettrico che termico rispetto alla tecnologia tradizionale.

Trasformazione del semilavorato in prodotto finito (Allestimento)

In questa sezione dello stabilimento sono svolte tutte le operazioni necessarie a trasformare la carta bobinata nei prodotti confezionati (carte igieniche, asciugatutto, tovaglioli, asciugamani, fazzoletti, etc.). Tra le operazioni previste si possono elencare la graffatura, la stampa, il trattamento con colle, la riavvolgimento su anime di cartone, il taglio in formato dei rotolini, la piegatura, il confezionamento.
Le anime di cartone sono realizzate in apposite "tubiere" a partire dal nastro di cartoncino a cui viene applicato un collante a base sintetica.

Definizione di produzione cartaria ai sensi della direttiva IPPC.

La direttiva IPPC definisce, all'interno del settore cartario, due tipologie produttive interessate: la produzione di paste per carta e la produzione di carta per i soli impianti con capacità produttiva superiore a 20 tonnellate al giorno.

La capacità produttiva per la produzione di carta è data dal valore massimo ottenibile moltiplicando i possibili valori di grammatura, per la larghezza utile della macchina continua e per la velocità massima raggiungibile alla data grammatura. Il tutto riportato in funzione dell'unità di tempo.

La produzione effettiva può invece essere calcolata come la quantità di carta ottenuta all'arrotolatore della macchina continua (c.d. pope). Nel caso in cui alla produzione del supporto segua una fase di patinatura fuori linea, la produzione va misurata all'arrotolatore della patinatrice. In questo modo è infatti possibile ottenere dati confrontabili sia che la patinatura avvenga in linea, sia che avvenga fuori macchina.

Le fasi di allestimento, quali il taglio in formato, i trattamenti superficiali o la stampa, possono essere condotti anche in unità produttive esterne, non soggette all'IPPC. Pertanto, nella valutazione complessiva dell'impianto, è necessario tenere in considerazione anche l'apporto aggiuntivo, in termini di consumi ed emissioni, dato da questi processi, se presenti.

Generalmente, anche se non necessariamente, nelle cartiere sono presenti degli impianti di combustione. Tali impianti sono asserviti alla cartiera in quanto forniscono il calore necessario all'essiccazione della carta. Tali centrali termiche possono produrre solo il calore utile al processo, oppure produrre in aggiunta energia elettrica. Attraverso la cogenerazione, la cartiera può rendersi parzialmente o totalmente autosufficiente, o

essere un produttore netto di energia elettrica, contribuendo al miglioramento dell'efficienza energetica complessiva e riducendo le emissioni globali di gas ad effetto serra. Si tratta in ogni caso di unità tecnicamente connesse con la cartiera e progettate comunque tenendo conto delle esigenze del processo cartario. In tal senso, i documenti di riferimento per tali impianti di combustione sono propriamente quelli del settore cartario e, nella valutazione dell'impianto ai fini dell'autorizzazione integrata ambientale, si dovranno considerare i due processi come un'unica attività IPPC, benché i prodotti utili ottenuti siano due: la carta e l'energia (elettrica e termica).
Quanto sopra esposto, trova, peraltro, corrispondenza con quanto previsto dalle norme. Infatti ai sensi dell'art. 2, comma 1 punto 3) del DLgs 372/99 (di recepimento della Direttiva 96/61) si intende per «impianto», " … l'unità tecnica permanente in cui sono svolte una o più attività elencate nell'allegato I e qualsiasi altra attività accessoria, che siano tecnicamente connesse con le attività svolte nel luogo suddetto e possano influire sulle emissioni e sull'inquinamento ...".

Consumi ed emissioni

Un aspetto significativo del processo produttivo della carta è sicuramente l'impiego di risorse idriche, naturali ed energetiche. Si rende necessario quindi analizzare in maniera accurata i suddetti punti.

Consumi idrici

L'acqua può essere considerata il motore del processo di formazione della carta è necessaria quindi una costante opera di ottimizzazione dei flussi e riduzione degli sprechi.
In Italia, negli ultimi 30 anni i consumi idrici sono stati dimezzati questo è stato possibile principalmente attraverso l'introduzione di tecniche di riciclo delle acque di processo. L'impiego di tale risorsa è soggetta a numerosi mutamenti in funzione del prodotto che si vuole ottenere e delle condizioni d'uso cui esso è destinato. L'utilizzo di carta da macero aumenta ulteriormente la necessità di acqua per il processo, in particolare per il processo di disinchiostrazione, attraverso il quale si ha la separazione delle fibre dall'inchiostro e dalle cariche inerti.
L'impiego d'acqua per il processo è strettamente correlato al tipo di materia prima impiegata e alla qualità del prodotto finito. Si hanno perciò valori d'impiego di risorse idriche che vanno da 5 a 100 metri cubi per tonnellata di carta prodotta, in funzione di tali fattori.

Risorse naturali

Come è stato detto in precedenza la carta è composta prevalentemente da cellulosa che è prodotta a partire dal legno e, in taluni casi, dalle piante stagionali. Si tratta quindi di una materia prima di origine naturale, rinnovabile e riciclabile.
Poiché l'Italia è caratterizzata da risorse forestali tradizionalmente scarse, l'industria cartaria italiana si contraddistingue per un ciclo produttivo basato dall'impiego di

semilavorati (paste per carta). La scarsità di risorse ha, inoltre, indotto le aziende a ricercare materie prime alternative, introducendo e sviluppando nuove tecnologie per il recupero della fibra a partire da carta da macero, ove compatibile con la qualità richiesta dal prodotto finito. Attualmente, nel nostro paese più della metà della materia prima fibrosa impiegata dal settore è costituito da carta da recupero.

Risorse energetiche

Il processo di produzione della carta richiede ingenti quantità di energia soprattutto nella fase di raffinazione della fibra e dell'essiccamento del foglio.
La ricerca di migliori rendimenti e la riduzione degli sprechi sono bilanciati dall'introduzione di tecnologie sempre più sofisticate che consentono maggiori velocità produttive; inoltre sono sempre più presenti processi automatizzati e sistemi di controllo e monitoraggio, per lavorare nel miglior modo possibile la carta in modo da ridurre il più possibile le richieste di materie prime di pregio.
L'Italia per recuperare in efficienza a causa degli eccessivi costi delle fonti energetiche, ha investito massicciamente nell'autoproduzione (attraverso sistemi di cogenerazione), in questo modo ha ridotto di 1/3 il fabbisogno di fonti primarie, inoltre ha permesso di investire sulle fonti energetiche alternative, come testimoniano i primi esempi di utilizzo di biomasse e di fanghi di cartiera.

Attualmente in Italia il settore produce il 50% del proprio fabbisogno energetico, quasi totalmente per mezzo di impianti a cogenerazione. Significativa è anche la presenza di centrali idroelettriche all'interno degli stabilimenti produttivi. Le emissioni in aria sono state limitate anche grazie alla conversione delle proprie centrali termiche per l'impiego di combustibili a minore impatto, in particolare il gas naturale. L'olio combustibile è ancora utilizzato nei casi di difficoltà nell'allacciamento alla rete di distribuzione o come combustibile di riserva in occasione delle interruzioni di fornitura del metano.

Additivi e sostanze chimiche utilizzate nell'industria cartaria

Le materie prime impiegate nella produzione di carta e cartone sono in larga parte di origine naturale, rinnovabili e riciclabili. In Italia nel 2001 la suddivisione tra le materie prime impiegate era la seguente:
- materie prime fibrose vergini: 34%;
- carta da macero: 50%;
- materie prime non fibrose: 16%.

Tra le materie prime non fibrose, i principali componenti utilizzati sono di origine naturale. Tra essi possiamo elencare i minerali di carica (carbonato di calcio, caolini, ecc.) e gli amidi. I prodotti chimici di sintesi rappresentano solo una quota minore e hanno generalmente la funzione di migliorare le proprietà del prodotto o facilitare il processo produttivo.

Tra le sostanze chimiche, siano esse di origine naturale o di sintesi, impiegate nella produzione della carta, possiamo citare le seguenti famiglie:

- **acidi e basi**: usati per la regolazione del pH, la pulizia degli impianti e il ripristino delle resine a scambio ionico;
- **antischiuma**: evitano la formazione di schiume nelle acque;
- **biocidi**: evitano la formazione di microrganismi nelle acque;
- **cariche minerali o pigmenti**: rendono il supporto cartaceo liscio ed opaco; sono utilizzate a tale scopo anche come matrice per la patinatura;
- **collanti**: usati per aggiunta al momento della formazione del foglio o per applicazione sul foglio già formato, rendono il supporto meno permeabile all'acqua, più stampabile e con migliore resistenza meccanica;
- **coloranti**: usati per colorare il foglio più o meno intensamente o per esaltarne il grado di bianco;
- **distaccanti**: permettono al foglio di separarsi dai cilindri in rotazione;
- **leganti di patina**: usati per legare tra loro e con il supporto i pigmenti delle patine;
- **lubrificanti**: utilizzati sulle parti in movimento degli impianti;
- **prodotti per la resistenza ad umido**: migliorano le caratteristiche meccaniche del foglio quando viene a contatto con acqua;
- **ritentivi**: aumentano la capacità della tela di trattenere fibra, cariche minerali e additivi durante il drenaggio dell'acqua.

L'elenco non vuole essere esaustivo e si deve segnalare che vi possono essere produzioni particolari che richiedono l'impiego di prodotti chimici con specifiche funzioni che non sono qui elencate.

Emissioni in aria e tecnologie di trattamento

La maggior parte delle emissioni in aria dell'industria cartaria derivano dalla produzione di energia elettrica e quindi dal tipo di combustibile utilizzato: olio combustibile o gas naturale. Gli inquinanti sono: SO_2, NO_X, CO, particolato.

La riduzione delle emissioni atmosferiche può avvenire riducendo l'impiego dei combustibili fossili a favore del gas naturale e delle fonti alternative (biomasse, fanghi di cartiera) e installando impianti a cogenerazione.
Le altre emissioni sono principalmente COV, queste però sono di minore importanza in quanto normalmente rientrano nei limiti di accettabilità.

Emissioni in acqua e tecnologie di trattamento

La presenza di sostanze estranee nelle acque reflue dell'industria cartaria è dovuta principalmente all'impiego di cellulosa e agli additivi di origine naturale, come l'amido e le cariche minerali inerti; gli inquinanti principali sono pertanto i solidi sospesi e sostanze organiche disciolte.
La qualità di un'acqua viene misurata attraverso i parametri COD e BOD, l'azoto e il fosforo totali e gli AOX. In Italia il parametro AOX non è significativo in quanto sono praticamente assenti i processi di produzione della pasta carta per via chimica, che

rappresentano, soprattutto nel caso di sbianca con cloro gassoso, i principali responsabili di questa tipologia di inquinante.
Per quanto riguarda i metalli pesanti, va sottolineato che non vengono utilizzati nel processo additivi che contengano tali elementi, pertanto l'origine della presenza di metalli pesanti nelle acque di processo non può essere dovuta a sostanze intenzionalmente aggiunte. I metalli pesanti possono però essere introdotti sotto forma di impurezze presenti all'interno delle materie prime impiegate. Si tratta comunque di quantità assai ridotte che non presentano mai motivo di allarme, rientrando sempre ben al di sotto dei limiti di legge. In particolare per quanto riguarda il macero, il sistema di raccolta e selezione costituito nel nostro paese permette un ottimale controllo qualitativo della materia prima secondaria introdotta nel processo produttivo, tanto che le carte riciclate possono essere impiegate, ad esempio, in imballaggi destinati al contatto con alimenti secchi. E' inoltre da segnalare che la continua evoluzione tecnologica dei processi di stampa ha portato all'abbandono dell'impiego di piombo e altri metalli pesanti per la produzione di inchiostri.
La maggior parte delle acque reflue vengono trattate direttamente nelle cartiere. Tra le numerose tecnologie utilizzabili si ricordano i filtri per il recupero della fibra, i flottatori, i trattamenti di tipo chimico-fisico o biologico (sia aerobico che anaerobico) ed i trattamenti di evaporazione, osmosi inversa od ultrafiltrazione. Tale lista è indicativa e non esaurisce tutte le possibili soluzioni impiantistiche adottabili. L'applicabilità dei vari processi dipende da una somma di fattori riguardanti sia le caratteristiche qualitative e quantitative del refluo che le condizioni al contorno dell'impianto. Ad esempio i trattamenti di evaporazione, se applicati a portate considerevoli di reflui, comportano dimensionamenti delle apparecchiature tali da implicare notevoli investimenti, oltreché disponibilità di spazi per la realizzazione. Nel caso invece dei processi di osmosi inversa e di ultrafiltrazione, l'efficienza conseguibile e le problematiche manutentive legate al loro utilizzo risentono molto delle caratteristiche del refluo, in particolare del contenuto di solidi e di colloidi. La selezione della tecnologia deve pertanto tenere conto di tutti i fattori locali e tecnici ed essere il risultato di una ottimizzazione dei vari effetti.
Data la struttura frammentaria dell'industria italiana, è stato favorito lo sviluppo di impianti esterni di trattamento delle acque cui si allacciano più stabilimenti produttivi spesso anche di diversa tipologia produttiva, comunque in genere vengono prima trattate all'interno dello stabilimento, per una maggiore efficienza di rimozione degli inquinanti e poi inviate al depuratore.

Fattori di emissione

I dati sulla emissione in aria si riferiscono al 2002 come emissioni globali dell'industria cartaria italiana:

Emissioni aria	**SO2**	**NOx**	**CO**	**Particolato**
	t/a	**t/a**	**t/a**	**t/a**
Produzione termoelettrica	2.000	4.000	3.200	380

Fonte: Assocarta Rapporto ambientale dell'industria cartaria - 2002

I valori di emissione delle acque reflue si riferiscono a dati globali del 2001:

Emissione acqua	**COD**	**Solidi sospesi**
Emissione annua (t/a)	30.500	6.300
Emissione specifica (Kg/t)	3,4	0,7

Fonte: Assocarta-Rapporto ambientale dell'industria cartaria - 2002

Rifiuti solidi e tecnologie di trattamento

I residui solidi prodotti dal processo di produzione della carta sono essenzialmente derivati dal recupero e riciclo della carta da macero sotto forma di scarti da pulper e fanghi di disinchiostrazione (quasi il 50% della produzione dei rifiuti) e da fanghi che provengono dagli impianti di trattamento delle acque reflue (che rappresentano un altro 40% dei rifiuti). Essi sono inoltre di difficile asciugatura e possono contenere acqua fino al 70%.
L'altra tipologia di rifiuti è composta di materiali di vario genere, quali gli scarti di ferro, legno, plastica provenienti dagli imballaggi, gli oli esausti e i rifiuti assimilabili agli urbani.

La maggior parte dei rifiuti viene riutilizzata in altre attività produttive, infatti per le loro caratteristiche sono idonei all'impiego delle coperture in discarica e per la produzione di cemento e laterizi. La loro matrice organica e l'assenza di metalli e altri composti pericolosi li rende particolarmente adatti per il recupero energetico. In questo modo si ottiene il doppio vantaggio di ridurre il consumo di combustibili di origine fossile per la generazione di energia elettrica, e si riduce il volume degli stessi.

L'inertizzazione del fango conseguente alla sua combustione permette inoltre di evitare la generazione di metano per decomposizione, nella successiva collocazione in discarica.
In Italia tale pratica non è ancora sufficientemente diffusa, infatti il 6% dei rifiuti viene avviato al recupero energetico, mentre la media Europea si attesta su valori prossimi al 46%.

E. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

Concetto generale di migliori tecniche disponibili e tecnologie per lo specifico settore

Il BRef Report sull'industria cartaria, nell'illustrazione del concetto di BAT si rifà direttamente alla definizione riportata nella direttiva 96/61 stessa, ovvero "... *la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso* ... ".
Per *tecniche* si intende sia le tecniche impiegate sia le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto.
Disponibili qualifica le tecniche sviluppate su scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato Membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.
Migliori qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso".

Entrando più nel dettaglio nel concetto di BAT per il settore cartario, il BRef fissa alcuni elementi che servono nella determinazione delle BAT stesse.

Le singole BAT non sono da considerarsi come scelte univoche. Le BAT possono essere sostituite da tecniche alternative e ogni installazione è libera di adottare la combinazione di tecniche che meglio si adatta al proprio processo produttivo, ferma restante la necessità di garantire un elevato grado di protezione dell'ambiente.
Il concetto di BAT è legato al processo a cui sono applicate. Cambiando le condizioni di applicazione, ad esempio la tipologia di materia prima o la qualità di prodotto finito da ottenere, anche le prestazioni della BAT possono mutare.
I prodotti dell'industria cartaria differiscono molto tra loro e vi è una grande varietà di processi applicati, pertanto le BAT non possono essere svincolate dal contesto in cui sono applicate. Nell'analisi delle BAT, e delle sue prestazioni, si deve quindi esaminare l'impianto nel suo complesso e non nella singola fase produttiva in cui la BAT opera.
Essendoci differenti modi per ottenere lo stesso prodotto ed essendoci molti prodotti diversi, nella definizione delle BAT l'approccio orientato al processo deve essere affiancato da un approccio orientato al prodotto. Le BAT sono perciò strettamente correlate alle prestazioni ambientali del singolo impianto. Non è quindi possibile definire valori di riferimento delle emissioni univoci per tutti gli impianti. Si potrà piuttosto parlare di intervalli di emissione. I valori di riferimento delle emissioni dipendono infatti strettamente dalle condizioni di esercizio. Una certa variabilità nelle emissioni è prevedibile non solo tra impianti diversi, ma anche nello stesso impianto, ad esempio nell'arco di un anno.

Molti impianti hanno spinto sulla riduzione delle emissioni in acqua e nella riduzione dei consumi di risorse idriche, perdendo di vista l'approccio integrato. La direttiva IPPC ha come principio invece la ricerca di interventi più equilibrati sui diversi settori ambientali, ottenendo così le migliori prestazioni nei confronti dell'ambiente nel suo complesso.

La scelta delle BAT è normalmente differente a seconda che si tratti di impianti nuovi o esistenti. Le BAT sono inoltre generalmente più costose per gli impianti esistenti a causa dei costi di intervento su realtà già costituite e per il minor tempo utile di esercizio prima della dismissione dell'impianto. In alcuni casi le BAT possono anche non essere applicabili su impianti esistenti per problemi di spazio o di concezione degli impianti. In generale le BAT per essere definite tali devono poter essere applicabili anche a realtà esistenti.
Le prestazioni ambientali indicate nel BRef possono essere di difficile comparazione con i dati nazionali. Ciò è dovuto alla non completa armonizzazione a livello europeo dei metodi di analisi e campionamento. E' importante inoltre segnalare che il BRef si riferisce, in particolare nel caso degli scarichi idrici, alle emissioni aggiunte dal processo, ovvero escludendo l'apporto delle sostanze già presenti nelle acque all'ingresso dello stabilimento.
Nella scelta delle BAT è preferibile optare per tecniche che prevengono l'inquinamento. A seguire si collocano le tecniche che riducono le emissioni intervenendo sul processo ed infine vi sono le tecniche di abbattimento e depurazione.

Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

Alla base dei prodotti cartari vi è l'intreccio di fibra di cellulosa. Tale fibra può essere ottenuta da un processo di estrazione chimica o meccanica a partire da legno o altri vegetali oppure attraverso il riciclo della carta da macero. La fibra così ottenuta viene lavorata e avviata alla macchina continua per la formazione del foglio.
Le principali tipologie di impianti riscontrabili nel settore possono così essere suddivise:

- Impianti di produzione di paste per carta destinata al mercato;
- Impianti di produzione di carta integrati con la produzione di paste per carta;
- Impianti di produzione di carta a partire da paste commerciali
- Impianti di produzione di carta a partire da macero.

All'interno di queste macro-aree esistono in Europa una vasta tipologia di impianti tra loro differenti a seconda del processo adottato, delle materie prime e ausiliarie impiegate e dei prodotti finiti ottenuti. Esistono infine una serie di trattamenti successivi di nobilitazione del supporto cartaceo che intervengono sulla qualità del prodotto finito, quali la patinatura, la calandratura o l'accoppiamento con altri materiali. In molti casi gli stabilimenti produttivi possono avere al loro interno più processi o materie prime, sfuggendo quindi a una rigida classificazione.
Il BRef si limita ad analizzare le principali tipologie di prodotto cartario suddividendole in 9 aree omogenee. Tali tipologie produttive sono:
- produzione di cellulosa al solfato;
- produzione di cellulosa al solfito;

- produzione di paste meccaniche e semichimiche;
- produzione di carta grafica a base macero disinchiostrato;
- produzione di carta da imballo a base macero non disinchiostrato;
- produzione di carte da stampa naturali e patinate a base di fibra vergine;
- produzione di carte per uso igienico-sanitario a base di fibra vergine;
- produzione di carte per uso igienico-sanitario a base macero;
- produzione di carte speciali a base di fibra vergine.

All'interno di queste tipologie produttive vi è in realtà una elevata differenziazione di prodotti, mentre altri prodotti possono non essere completamente riconducibili a queste classi. E' questo il caso del cartoncino o delle carte fatte con un mix variabile di fibra vergine e macero. Ad esempio, il tissue in Europa viene realizzato da impianti che utilizzano diverse percentuali di fibre di recupero, dallo 0%, al 10%, 20% fino al 100%. All'interno della produzione delle carte speciali vi è poi una varietà produttiva e di materie prime impiegate che rende impossibile qualsiasi standardizzazione.

Le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto cartario possono variare enormemente a seconda dei processi, materie e trattamenti adottati, in modo da ottenere, ad esempio, carte lucide idonee alla stampa, carte ad elevata resistenza per imballi, o carte resistenti all'umidità per usi igienico-sanitari. Da ciò deriva che non vi è una classificazione che permetta la completa copertura di tutti i possibili impianti operanti in Europa, e nella individuazione delle BAT si dovrà tenere in considerazione non solo il processo adottato dal singolo impianto, ma anche la qualità di prodotto che viene ottenuto.

All'interno delle diversi classi di impianti individuate dal BRef vi sono ulteriori suddivisioni necessarie per coprire il più ampio spettro possibile di realtà produttive.

La produzione di cellulosa al solfato può essere condotta in impianti integrati o non integrati con la produzione cartaria. La cellulosa può essere poi sottoposta o meno a un processo di sbianca. Nel caso della produzione al solfito si aggiungono ulteriori possibilità di differenziazione a seconda delle sostanze chimiche impiegate, con effetti differenti sul prodotto e anche sulle prestazioni ambientali.
Nel campo delle paste meccaniche e semichimiche si può evidenziare come il processo si differenzi a seconda della presenza di trattamenti della materia prima di tipo meccanico, termico o chimico, condotti con maggiore o minore intensità.
I processi di recupero della carta da macero avvengono prevalentemente in impianti integrati con la produzione cartaria. Le differenze si riscontrano prevalentemente nella qualità dei maceri impiegati e nella preparazione degli impasti, con la presenza o meno di processi di disinchiostrazione.
Gli impianti non integrati per la produzione di carta sono la realtà più numerosa nel contesto europeo. Il BRef non differenzia tra produzione di carta (grammatura inferiore a 150 grammi per metro quadro) e cartoni (grammatura superiore a 150 grammi per metro quadro) in quanto a livello di tecnologie produttive non vi sono differenze significative. Le BAT sono perciò tendenzialmente applicabili sia alla produzione di carta che di cartone. Differenze impiantistiche significative si ritrovano invece nelle carte per uso igienico-sanitario e tra le carte naturali o patinate.
Nel caso delle carte speciali, infine, il BRef illustra solo alcuni esempi, in quanto è impossibile prendere in considerazione la grande varietà di carte speciali che sono

prodotte in Europa. Per queste carte non è perciò possibile individuare caratteristiche e tecnologie comuni e vengono a mancare elementi di riferimento sulle BAT applicabili in via generale.

Aspetti ambientali: i consumi (energetici, idrici, di materie prime)

La materia prima alla base dell'industria cartaria è il legno, ovvero una materia di origine naturale, rinnovabile ed ampiamente riciclabile. L'acqua utilizzata dall'industria è in larga parte riciclata nel processo, al punto che vi sono state esperienze di impianti, destinati alla produzione di particolari tipi di carte, operanti a circuito chiuso, benché attualmente tali stabilimenti non siano in grado di operare in modo continuativo in tali condizioni.
Il settore cartario, essendo caratterizzato da un intenso utilizzo di energia, ha da sempre posto attenzione al risparmio energetico e al miglioramento dell'efficienza. I consumi di energia più significativi sono dovuti alla necessità di disidratare ed essiccare la carta, passando da un impasto al 5% di secco all'uscita della cassa d'afflusso, fino ad un grado di secco del 95% del prodotto finito all'uscita della seccheria.
Nel caso della produzione di cellulosa gli impianti riescono in molti casi ad essere autosufficienti utilizzando la biomassa derivante dal legno (corteccia e lignina), ottenendo al contempo il recupero dei reagenti chimici. Nella produzione di paste meccaniche si ha i più elevati consumi energetici, compensati però dalla maggiore resa ottenibile dalle materie prime e dal mancato impiego di reagenti chimici. Nel caso, infine, del processo cartario, il ricorso alle fonti energetiche fossili viene significativamente ridotto grazie agli impianti di cogenerazione e grazie al recupero del contenuto energetico dei fanghi di depurazione e degli scarti di pulper. In particolare, il recupero di energia dagli scarti di produzione è già ampiamente diffuso in Europa, ma ulteriori sviluppi sono possibili in questo senso per aumentare l'efficienza energetica del settore.

Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazioni)

Per quanto concerne le emissioni in aria, in passato la produzione della cellulosa ha prodotto quantità significative di gas responsabili dell'acidificazione dei suoli, ma i progressi tecnologici degli ultimi anni hanno ridotto sensibilmente il problema. Altre fonti di emissione in aria sono legate alla produzione di energia e al tipo di combustibile fossile impiegato.
Le emissioni in acqua hanno prodotto negli anni settanta ed ottanta significativi effetti di riduzione dell'ossigeno nei corpi ricettori e di presenza di composti del cloro, correlati alla produzione di cellulosa bianchita. L'industria si è attrezza in tal senso eliminando definitivamente il cloro gassoso dal processo, sostituendolo con processi definiti ECF (Elementary Chlorine Free) e TCF (Totally Chlorine Free), basati rispettivamente sul biossido di cloro e sull'impiego combinato di ozono, ossigeno e perossido d'idrogeno. Attraverso tali tecnologie la presenza di sostanze organiche alogenati negli scarichi sono state significativamente ridotte. Le emissioni di composti organici alogenate non sono invece significative nella produzione cartaria. Negli

impianti di produzione della carta le emissioni in acqua vengono ricondotte a valori sostenibili principalmente attraverso il riciclo delle acqua di processo e l'adozione di impianti di depurazione.

In aria le emissioni significative del settore sono monitorate con i seguenti indicatori ambientali:

- zolfo totale (S) derivante dalla produzione di energia;
- ossidi di azoto (NO_x) derivanti dalla produzione di energia;
- particolato derivante dalla produzione di energia o di cellulosa;
- ossido di zolfo (SO_2) derivante dalla produzione di cellulosa;
- solfuri ridotti totali (TRS) derivanti dalla produzione di cellulosa.

In acqua le emissioni significative del settore sono monitorate con i seguenti indicatori ambientali:

- domanda biologica di ossigeno (BOD_5);
- domanda chimica di ossigeno (COD);
- solidi sospesi totali (TSS);
- sostanze organiche alogenate assorbibili (AOX);
- fosforo totale (P);
- azoto totale (N);
- volume di acque di processo reflue.

Altri indicatori possono essere individuati a livello di stabilimento in funzione di particolari processi produttivi o materie prime impiegate, così come gli indicatori individuati, generalmente applicabili, possono non risultare significativi per alcune produzioni.

La significatività delle emissioni sonore, odorose, termiche e di vibrazioni è legata in modo particolare al contesto territoriale in cui opera la singola azienda. In questo senso il BRef si limita ad indicare le principali fasi del processo responsabili di tali emissioni.
Le emissioni odorose sono spesso generate nelle vasche e nelle tine, negli impianti di trattamento delle acque reflue e nei depositi di fanghi. Anche una elevata chiusura dei cicli delle acque comporta maggiori emissioni odorose.
Le emissioni sonore sono spesso associate alle fasi di raffinazione, alle pompe, ai motori elettrici e ai sistemi di ventilazione. Le azioni di intervento più efficaci, basate sulla prevenzione alla fonte del rumore, sono applicabili solo nel caso di impianti nuovi o di riprogettazione di impianti esistenti.
Gli aspetti relativi alle emissioni termiche ed alle vibrazioni sono, in termini comuni, poco rilevanti per il settore cartario e non è possibile al momento fornire indicazioni di carattere generale diverse dall'esigenza di un loro contenimento in termini di sorgenti e di effetti, basato sulle tecniche di buona pratica progettuale.

Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

Residui tipici della produzione cartaria sono i fanghi di depurazione, gli scarti di pulper e i fanghi di disinchiostrazione. Si tratta generalmente di residui dal significativo potere

calorifico e dall'alto contenuto organico, che li rende particolarmente idonei al recupero energetico o al recupero di materia in altri processi produttivi (produzione di cemento e laterizi, uso in agricoltura, compostaggio, ecc). L'opzione del recupero energetico può essere limitata dalla ridotta disidratabilità dei fanghi di depurazione biologica o dall'alto contenuto di carbonato di calcio e cariche minerali dei fanghi derivanti dal trattamento primario
La scelta tra le opzioni di recupero e smaltimento è inoltre influenzata dalla disponibilità nelle vicinanze di strutture idonee per il trattamento.
Le quantità di residui prodotta è strettamente legata alla qualità della materia prima, soprattutto nel caso d'impiego di maceri, e dal processo di preparazione dell'impasto, che può essere più o meno complesso. I fanghi di depurazione possono essere originati tipicamente dagli impianti di flottazione chimico-fisica o impianti biologici. Nei primi i costituenti fondamentali sono le fibre e le cariche minerali che per dimensioni non vengono trattenute sul foglio al momento della sua formazione, nei secondi il costituente principale è la massa organica.
Lo scarto di pulper è costituito dalle impurità presenti nei maceri che vengono rimosse nelle fasi di spappolamento iniziale. I principali costituenti sono plastiche, legno, graffette metalliche e la fibra di cellulosa che non si riesce a separare da tali impurezze.
Infine i fanghi di disinchiostrazione sono prodotti nel solo caso in cui si provveda alla rimozione degli inchiostri dal macero e sono costituiti da fibre frammentate, particelle di inchiostri e materiali di carica.
Altri residui dell'industria, non strettamente legati al processo produttivo cartario e prodotti in quantità limitate, sono gli imballi usati, gli oli minerali esausti, i materiali edili di scarto, oltre a tele e feltri usati.

Aspetti ambientali: analisi dei rischi

Il BRef non prevede specifiche BAT relative all'analisi dei rischi. Nell'elenco delle BAT di carattere generale sono però incluse tecniche che hanno un impatto diretto sul controllo del rischio, quali l'addestramento del personale, il controllo di processo e la corretta manutenzione. Il BRef considera BAT anche i sistemi di gestione ambientale documentati, anche se non necessariamente certificati. Tali sistemi prevedono, infatti, specifiche procedure per l'analisi dei rischi, con una valutazione di probabilità e magnitudo. Dall'esito della valutazione derivano poi le procedure operative per l'addestramento delle squadre d'intervento, la definizione delle responsabilità e l'identificazione delle dotazioni di primo intervento. E' da segnalare, comunque, che il settore cartario, non avendo al suo interno processi che possano prevedere reazioni incontrollate, non presenta particolari criticità da questo punto di vista. Infatti, salvo rare eccezioni, le aziende del settore non ricadono nel campo di applicazione del d.lgs 334/99 (Seveso II), peraltro esplicitamente escluso dall'autorizzazione integrata ambientale. Il principale rischio associato all'attività cartaria rimane l'incendio. La gestione di tale rischio è ampiamente regolamentata dalla legislazione nazionale, soprattutto riguardo all'aspetto della tutela dell'incolumità del personale più che riguardo alla riduzione dell'impatto ambientale. La natura della materia prima impiegata in cartiera riduce, infatti, la rilevanza dell'aspetto ambientale rispetto a quanto accade per altri combustibili. Altri rischi possono essere connessi alla movimentazione e stoccaggio degli ausiliari chimici e alla perdita di efficienza dell'impianto di trattamento

delle acque reflue. Non sono infine da escludere eventi di carattere esogeno (alluvioni, sismi, etc.) che sono strettamente associati alla localizzazione del sito produttivo.

Migliori tecniche e tecnologie

Nel BRef viene esaminato un gran numero di possibili soluzioni tecniche e gestionali, candidate a diventare BAT. Una parte di esse viene poi effettivamente indicata come "migliore tecnica disponibile", sulla base di considerazioni tecniche ed economiche. A parte ci sono poi le "tecniche emergenti", ovvero esempi di tecnologie non ancora applicate su scala industriale, spesso per motivazioni economiche, o per le quali non è ancora stata dimostrata la valenza ambientale.
Tale lista di BAT peraltro non è e non può essere esaustiva, come peraltro precisato nel documento stesso (BRef comunitario sulla carta, edizione dicembre 2001; pagine 58, 140, 186, 254, 351).
E' inoltre importante sottolineare che le BAT elencate non devono essere considerate "vincolanti". La scelta delle tecniche, sia in numero che in qualità, è responsabilità dell'azienda, che dovrà invece garantire l'obiettivo finale di protezione dell'ambiente.
La reale applicabilità delle tecniche dovrà essere inoltre verificata a livello di singolo impianto, in quanto le condizioni locali possono influire in maniera determinante sia sotto il profilo tecnico che gestionale. Questo è ancora più evidente nel caso di produzione di carte speciali, per la quale il BRef non individua BAT applicabili in via generale, tali sono le differenze tra le tipologie produttive.

Le BAT individuate dal BRef possono essere divise in due tipologie distinte. Da un lato vi sono le tecniche di tipo prettamente impiantistico, come, ad esempio, i processi di sbianca ECF o TCF (che si contrappongono al processo di sbianca al cloro, ormai abbandonato in tutta Europa, e che non è considerato una BAT) o la cogenerazione di energia e calore (che si contraddistingue per la maggiore efficienza energetica, in modo particolare negli impianti cartari in cui vi è una forte necessità di vapore). Dall'altro lato il BREF Report non dimentica l'importanza della buona pratica industriale quale fonte di controllo degli impatti sull'ambiente. Proprio in questo secondo gruppo si trova il maggior numero di BAT, tra cui troviamo elencati i sistemi di gestione ambientale, la formazione del personale ed il controllo di processo. Ma sono considerate BAT anche il corretto dimensionamento degli impianti, un'efficiente manutenzione, la raccolta di adeguata documentazione e la gestione dei rifiuti attraverso il recupero in altro processo produttivo o come fonte di energia.

L'elenco delle BAT individuate dal BRef è suddiviso in funzione dei principali processi produttivi ed è illustrato nelle tabelle successive. Per completezza d'informazione, le tabelle che seguono includono anche produzioni che non sono presenti, come visto, nella realtà italiana, come il processo Kraft per la produzione di pasta.

Migliori tecniche disponibili relative al processo di produzione di pasta chimica al solfato (Kraft)

Misure generali
Addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori
Ottimizzazione del controllo dei parametri di processo
Mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti
Adozione di un sistema di gestione ambientale

Misure per la riduzione delle emissioni in acqua
Eliminazione della corteccia senza l'impiego d'acqua
Eliminazione spinta della lignina prima del processo di sbianca.
Aumento dell'efficienza di lavaggio e chiusura del ciclo di lavaggio della cellulosa all'uscita del digestore
Rimozione della lignina con ossigeno
Sbianca in assenza di cloro elementare o in assenza di cloro in ogni forma
Distillazione e recupero delle acque condensate
Controllo e recupero delle perdite d'acqua
Incremento del contenuto di residuo solido del liquor nero tramite evaporazione e suo recupero in caldaia
Raccolta e riutilizzo delle acque di raffreddamento
Impiego di serbatoi di accumulo delle acque di processo in grado di assorbire i picchi di portata
Impianto primario di depurazione delle acque
Trattamento aerobico delle acque di processo tramite lagunaggio o fanghi attivi
Separazione dei cicli delle acque per la produzione di pasta e di carta in impianti integrati
Riciclo delle acque di diluizione della cellulosa negli impianti integrati, se tecnicamente possibile

Misure per la riduzione delle emissioni in aria
Raccolta delle emissioni concentrate e loro combustione in caldaia
Raccolta delle emissioni diffuse e loro combustione in caldaia
Riduzione delle emissioni di solfuri attraverso il controllo delle condizioni di combustione e dei combustibili
Riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo attraverso l'immissione in caldaia di black liquor a maggiore frazione solida e/o l'impiego di uno scrubber
Riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto delle caldaie di recupero chemicals attraverso il controllo delle condizioni di combustione e il controllo dell'apporto d'aria e della sua miscelazione
Riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto dalle caldaie ausiliarie attraverso il controllo delle condizioni di combustione e la corretta progettazione
Riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo attraverso l'impiego di corteccia, gas, olio combustibile e carbone a basso contenuto di zolfo, o con l'impiego di uno scrubber
Rimozione del particolato dagli scarichi delle caldaie tramite precipitatori elettrostatici

Misure per la riduzione della produzione di rifiuti solidi
Minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile
Separazione alla fonte dei rifiuti
Incenerimento dei residui non pericolosi in appropriate caldaie ausiliarie al processo
Impiego dei residui nelle foreste, in agricoltura o in altri processi industriali

Misure per il risparmio energetico – recupero e risparmio di calore
Impiego di black liquor e corteccia ad elevato grado di secco
Impiego ad alta efficienza delle caldaie a vapore (bassa temperatura d'uscita dei gas esausti)
Efficienti sistemi di riscaldamento secondari (acqua calda a 85 °C)
Cicli delle acque ad elevata chiusura
Ciclo delle acque di sbianca ad elevata chiusura (per quanto possibile)
Pasta ad elevata concentrazione
Disidratazione della calce
Impiego di calore secondario per il riscaldamento degli edifici
Efficiente controllo del processo
Misure per il risparmio energetico – risparmio di energia elettrica
Lavaggio della pasta ad alta densità
Controllo della velocità dei motori principali
Impiego di pompe a vuoto ad alto rendimento
Corretto dimensionamento di condotte, tubazioni, pompe, miscelatori, ecc

Misure per il risparmio energetico – produzione di energia ad alto rendimento
Impiego di caldaie ad alta pressione
Impiego delle turbine a contropressone alla più bassa pressione d'uscita del vapore tecnicamente possibile
Impiego di turbine a condensazione con il vapore in eccesso
Impiego di turbine ad elevata efficienza
Preriscaldamento di aria e combustibili inviati alla caldaia
Misure per l'impiego di additivi chimici
Predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati
Applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità

Migliori tecniche disponibili relative al processo di produzione di pasta chimica al solfito

Misure generali
Addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori
Ottimizzazione del controllo dei parametri di processo
Mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti
Adozione di un sistema di gestione ambientale

Misure per la riduzione delle emissioni in acqua
Eliminazione della corteccia senza l'impiego d'acqua
Eliminazione spinta della lignina prima del processo di sbianca e rimozione della lignina con ossigeno
Aumento dell'efficienza di lavaggio e chiusura del ciclo di lavaggio della cellulosa all'uscita del digestore
Controllo e recupero delle perdite d'acqua
Chiusura parziale del ciclo in caso di processo al magnesio. Applicabile per bassi gradi di bianco
Chiusura totale del ciclo in caso di processo a base di sodio
Sbianca in assenza di cloro in ogni forma
Neutralizzazione delle acque di cottura prima dell'evaporazione
Distillazione delle acque condensate e loro recupero o depurazione
Impiego di serbatoi di accumulo delle acque di processo in grado di assorbire i picchi di portata
Impianto primario di depurazione delle acque
Trattamento aerobico delle acque di processo tramite fanghi attivi o tecniche equivalenti
Separazione dei cicli delle acque per la produzione di pasta e di carta in impianti integrati
Riciclo delle acque di diluizione della cellulosa negli impianti integrati, se tecnicamente possibile

Misure per la riduzione delle emissioni in aria
Raccolta delle emissioni ad alto contenuto di SO_2 e loro stoccaggio
Raccolta delle emissioni di SO_2 dagli impianti di lavaggio ed evaporazione e loro combustione in caldaia
Riduzione delle emissioni di SO_2 attraverso l'impiego di precipitatori elettrostatici e scrubber a più stadi
Riduzione delle emissioni odorose tramite raccolta e trattamento (combustione o lavaggio)
Ottimizzazione delle emissioni dalla caldaia tramite controllo delle condizione di combustione
Riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo attraverso l'impiego di corteccia, gas, olio combustibile e carbone a basso contenuto di zolfo, o con l'impiego di uno scrubber
Installazione di caldaie ausiliarie a ridotte emissioni di ossidi d'azoto e controllo delle condizioni di combustione

Rimozione del particolato dagli scarichi delle caldaie ausiliari tramite precipitatori elettrostatici

Misure per la riduzione della produzione di rifiuti solidi
Minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile
Separazione alla fonte dei rifiuti
Incenerimento dei residui non pericolosi in appropriate caldaie ausiliarie al processo
Impiego dei residui nelle foreste, in agricoltura o in altri processi industriali

Misure per la riduzione del rumore
Riduzione del rumore in funzione della presenza di recettori nelle vicinanze

Misure per il risparmio energetico – recupero e risparmio di calore
Impiego di corteccia ad elevato grado di secco
Impiego ad alta efficienza delle caldaie a vapore (bassa temperatura d'uscita dei gas esausti)
Efficienti sistemi di riscaldamento secondari (acqua calda a 85 °C)
Cicli delle acque ad elevata chiusura
Ciclo delle acque di sbianca ad elevata chiusura (per quanto possibile)
Pasta a media o alta concentrazione
Impiego di calore secondario per il riscaldamento degli edifici
Efficiente controllo del processo

Misure per il risparmio energetico – risparmio di energia elettrica
Lavaggio della pasta ad alta densità
Controllo della velocità dei motori principali
Impiego di pompe a vuoto ad alto rendimento
Corretto dimensionamento di condotte, tubazioni, pompe, miscelatori, ecc

Misure per il risparmio energetico – produzione di energia ad alto rendimento
Impiego di caldaie ad alta pressione
Impiego delle turbine a contropressone alla più bassa pressione d'uscita del vapore tecnicamente possibile
Impiego di turbine a condensazione con il vapore in eccesso
Impiego di turbine ad elevata efficienza
Preriscaldamento di aria e combustibili inviati alla caldaia

Misure per l'impiego di additivi chimici
Predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati
Applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità
Adozione di misure per ridurre il rischio di immettere sostanze pericolose nel suolo e nella falda
Adozione di misure per prevenire la perdita di controllo del processo e per ridurre le conseguenze derivanti da un incidente

Migliori tecniche disponibili relative al processo di produzione di pasta meccanica e chemi-meccanica e produzione integrata di carta

Misure generali
Addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori
Ottimizzazione del controllo dei parametri di processo
Mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti
Adozione di un sistema di gestione ambientale

Misure per la riduzione delle emissioni in acqua
Eliminazione della corteccia senza l'impiego d'acqua
Impiego di un sistema di riciclo dell'acqua nell'impianto di produzione della pastalegno
Separazione dei cicli delle acque per la produzione di pasta e di carta in impianti integrati attraverso l'uso di addensatori
Impiego delle acque bianche di cartiera nella produzione di pastalegno, se tecnicamente compatibile
Impiego di serbatoi di accumulo delle acque di processo in grado di assorbire i picchi di portata, in particolare per CTMP
Impianto primario e secondario di depurazione delle acque, seguito in casi particolari da un trattamento secondario di precipitazione chimica o flocculazione
Lavaggio della pasta prima dell'impiego nella macchina continua. Solo per impianti CTMP integrati
Trattamento delle acque reflue in impianto biologico con o senza trattamento chimico; o trattamento in ciclo delle acque bianche del primo lavaggio e trattamento del resto con fanghi attivi; o trattamento anaerobico seguito da trattamento aerobico; o evaporazione delle acque più inquinate e incenerimento dei concentrati
Evaporazione delle acque più inquinate e incenerimento dei concentrati, applicabile solo per impianti nuovi o con significativi aumenti di capacità

Misure per la riduzione delle emissioni in aria
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo e appropriate tecniche di combustione, applicabile per gli impianti più piccoli
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo, appropriate tecniche di combustione e sistemi di abbattimento delle emissioni (scrubber; SNCR, filtri), applicabili per gli impianti più grandi
Raccolta e trattamento di composti organici volatici, in caso di impiego di materie prime ad alto contenuto di resine
Caldaia a letto fluido per l'incenerimento dei rifiuti solidi

Misure per la riduzione della produzione di rifiuti solidi
Minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile
Separazione alla fonte dei rifiuti
Incenerimento dei residui non pericolosi in appropriate caldaie ausiliarie al processo
Impiego dei residui nelle foreste, in agricoltura o in altri processi industriali

Limitazione del ricorso al conferimento in discarica di residui solidi

Misure per il risparmio energetico – risparmio di energia elettrica
Integrazione di un sistema di controllo dei consumi e delle prestazioni delle varie utenze
Sostituzione a fine vita di attrezzature con analoghi apparecchi a maggiore efficienza e a controllo automatico
Riduzione delle perdite di materiale tramite una corretta movimentazione e selezione dei residui
Recupero efficiente del calore proveniente dagli impianti TMP e CTMP
Installazione di impianti di cogenerazione di vapore ed energia elettrica, se i consumi dell'impianto lo permettono
Incremento della rimozione dell'acqua tramite pressa "wide nip"
Impiego di tecnologie ad alta efficienza. Alcune tecniche sono applicabili solo in caso di ristrutturazione o in caso di costruzione di un nuovo impianto
Ottimizzazione degli impieghi di vapore nel processo

Misure per la riduzione del rumore
Riduzione del rumore in funzione della presenza di recettori nelle vicinanze

Misure per l'impiego di additivi chimici
Predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati
Applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità
Adozione di misure per prevenire la dispersione accidentale di sostanze chimiche sul suolo e nell'acqua durante la movimentazione e lo stoccaggio

Migliori tecniche disponibili relative al processo di produzione di pasta a base di macero e produzione integrata di carta

Misure generali
Addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori
Ottimizzazione del controllo dei parametri di processo
Mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti
Adozione di un sistema di gestione ambientale

Misure per la riduzione delle emissioni in acqua
Separazione delle acque di processo a diverso contenuto di inquinati e riciclo delle stesse
Gestione ottimale delle acque, loro chiarificazione tramite filtrazione, sedimentazione o flottazione, e riutilizzo
Riduzione dei consumi idrici attraverso la rigida separazione dei flussi e riciclo
Impiego di acque chiarificate tramite flottazione per la disinchiostrazione
Installazione di un bacino di equalizzazione e di un sistema di trattamento primario delle acque reflue
Trattamento biologico aerobico delle acque reflue
Trattamento biologico anaerobico seguito da trattamento aerobico delle acque reflue. Preferibile per impianti senza disinchiostrazione
Parziale riutilizzo delle acque provenienti dalla depurazione biologica. L'applicabilità va valutata nei singoli casi e potrebbe richiedere anche trattamenti terziari aggiuntivi
Trattamento in ciclo di specifiche acque di processo. La totale chiusura del ciclo non ha invece la necessaria efficienza

Misure per la riduzione delle emissioni in aria
Cogenerazione di vapore ed energia elettrica
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo e appropriate tecniche di combustione, applicabile per gli impianti più piccoli
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo, appropriate tecniche di combustione e sistemi di abbattimento delle emissioni (scrubber; SNCR, filtri), applicabili per gli impianti più grandi
Impiego di fonti energetiche rinnovabili. Applicabile solo negli impianti che producono anche cellulosa
Selezione ottimale dei pigmenti di patina

Misure per la riduzione della produzione di rifiuti solidi
Minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile
Separazione alla fonte dei rifiuti
Ottimizzazione del recupero di fibra dal macero
Ottimizzazione delle fasi di selezione e pulizia dell'impasto
Trattamento delle acque con flottatore per il recupero di fibra e cariche
Pre-trattamento delle acque reflue in depuratore biologico anaerobico

Misure per il risparmio energetico – risparmio di energia elettrica
Integrazione di un sistema di controllo dei consumi e delle prestazioni delle varie utenze
Sostituzione a fine vita di attrezzature con analoghi apparecchi a maggiore efficienza e a controllo automatico
Impiego di un trattamento biologico anaerobico degli effluenti, se il livello di COD lo consente
Incremento della rimozione dell'acqua tramite pressa "wide nip". Non applicabile per la produzione di tissue
Impiego di tecnologie ad alta efficienza. Alcune tecniche sono applicabili solo in caso di ristrutturazione o in caso di costruzione di un nuovo impianto
Ottimizzazione degli impieghi di vapore nel processo

Misure per la riduzione del rumore
Riduzione del rumore in funzione della presenza di recettori nelle vicinanze

Misure per l'impiego di additivi chimici
Predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati
Applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità
Adozione di misure per prevenire la dispersione accidentale di sostanze chimiche sul suolo e nell'acqua durante la movimentazione e lo stoccaggio

Migliori tecniche disponibili relative al processo di produzione non integrata di carta a base di fibra vergine

Misure generali
Addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori
Ottimizzazione del controllo dei parametri di processo
Mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti
Adozione di un sistema di gestione ambientale

Misure per la riduzione delle emissioni in acqua
Minimizzazione del consumo d'acqua, in funzione del prodotto desiderato, aumentando il riciclo e la corretta gestione delle utenze
Gestione degli effetti indesiderati derivanti da un più alto grado di chiusura dei cicli delle acque
Progettazione di un efficiente sistema delle acque anche attraverso la selezione e l'impiego di macchinari a minore consumo idrico
Adozione di procedure per la riduzione del rischio di sversamenti accidentali
Raccolta delle acque di raffreddamento e di tenuta, loro riutilizzo o scarico in condutture separate dall'acqua di processo
Depurazione separata delle acque di patina tramite flocculazione o ultrafiltrazione
Sostituzione degli additivi chimici pericolosi con analoghi prodotti a minore pericolosità
Installazione di un bacino di equalizzazione e di un sistema di trattamento primario delle acque reflue
Trattamento secondario o biologico delle acque reflue, seguito, se necessario, da un trattamento chimico secondario di precipitazione o flocculazione

Misure per la riduzione delle emissioni in aria
Impiego di tecnologie per la riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo e appropriate tecniche di combustione, applicabile per gli impianti più piccoli
Impiego di combustibili a basso tenore di zolfo, appropriate tecniche di combustione e sistemi di abbattimento delle emissioni (scrubber; SNCR, filtri), applicabili per gli impianti più grandi
Cogenerazione di vapore ed energia elettrica
Impiego di fonti energetiche rinnovabili. Applicabile solo negli impianti che producono anche cellulosa

Misure per la riduzione della produzione di rifiuti solidi
Minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile
Separazione alla fonte dei rifiuti
Riduzione della perdita di fibra e di cariche, anche attraverso l'impiego di filtri a disco o flottatori
Recupero e riutilizzo delle acque di patina, anche attraverso il ricorso all'ultrafiltrazione, se tecnicamente ed economicamente possibile

Trattamento di disidratazione dei fanghi prima del conferimento
Riduzione dei rifiuti conferiti in discarica attraverso l'individuazione di forme di recupero energetico o riciclo

Misure per il risparmio energetico – risparmio di energia elettrica
Integrazione di un sistema di controllo dei consumi e delle prestazioni delle varie utenze
Incremento della rimozione dell'acqua tramite pressa "wide nip". Non applicabile per la produzione di tissue
Impiego di tecnologie ad alta efficienza. Alcune tecniche sono applicabili solo in caso di ristrutturazione o in caso di costruzione di un nuovo impianto
Ottimizzazione degli impieghi di vapore nel processo

Misure per la riduzione del rumore
Riduzione del rumore in funzione della presenza di recettori nelle vicinanze

Misure per l'impiego di additivi chimici
Predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati
Applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità
Adozione di misure per prevenire la dispersione accidentale di sostanze chimiche sul suolo e nell'acqua durante la movimentazione e lo stoccaggio

Misure per i produttori di carte speciali
Trattamento biologico delle acque reflue in caso di elevate concentrazioni del carico organico
Minimizzazione del consumo d'acqua, per quanto compatibile con le esigenze del prodotto

F. APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

Questo capitolo intende descrivere alcuni approfondimenti che il GTR "carta ed affini" ha inteso effettuare sul contenuto del BRef comunitario.

Sbianca in assenza di cloro in ogni forma

La BAT individuata nel BRef per il processo di imbianchimento della fibra ottenuta con processi al solfito è il processo TCF, mentre per la cellulosa al solfato viene considerata BAT anche il processo ECF.
In effetti, entrambi i processi hanno dimostrato di poter ottenere una drastica riduzione delle emissioni di AOX rispetto ai processi che realizzano la sbianca con cloro gassoso. Peraltro i due processi non possono essere considerati equivalenti ed ognuno di questi processi presenta dei vantaggi rispetto all'altro. Il processo TCF comporta la completa eliminazione di AOX nei reflui liquidi a scapito della resa rispetto alla materia prima, mentre con il processo ECF si ottiene una maggiore resa di processo e una maggiore riciclabilità della fibra, per la sua minore aggressività rispetto alla materia prima, a scapito della produzione (contenuta) di AOX e di una più difficoltosa chiusura dei cicli. Inoltre nel processo ECF occorre valutare i rischi derivanti dalla produzione (solitamente in sito) di ClO_2[2]. Tali rischi non sussistono nel caso di impiego dell'ipoclorito come reagente di sbianca nei processi ECF. Per contro nella sbianca con perossidi, per stabilizzare i reagenti, si deve ricorrere all'impiego di sostanze chelanti (es. EDTA) che possono poi passare nelle acque reflue.
Come detto entrambi i processi hanno comunque dimostrato la loro valenza ambientale rispetto alla sbianca con cloro gassoso, e ciò è riconosciuto anche, ad esempio, dai criteri adottati dalla Commissione Europea per il rilascio dell'Ecolabel ai prodotti cartari.
Per i nuovi impianti, dunque, si dovrebbe assumere la sola tecnica TCF come MTD per la produzione di pasta chimica al solfito. Pur tuttavia, per la produzione di carte che richiedono particolari qualità o grado di bianco elevato, ovvero per situazioni esistenti ove risulti non economica la sostituzione del metodo, si potrebbe accettare la tecnica ECF che comporta comunque un significativo contenimento delle emissioni di AOX in acqua.

Utilizzo dei residui non pericolosi in appropriate caldaie ausiliarie al processo

Nella produzione di cellulosa al solfito, il recupero dei reattivi e del contenuto energetico del liquor nero è generalmente considerata una BAT. Nel caso in cui un processo sia condotto in presenza di solfito di calcio è però possibile recuperare il ligninsolfonato, senza ricorrere alla combustione del liquor nero. Questa soluzione è

[2] Va, tuttavia, considerato che la produzione di ClO_2 - fatta con acido cloridrico e clorito - è un sistema consolidato e utilizzato per la potabilizzazione delle acque.

preferibile e va considerata una BAT in quanto in questo modo si ottiene un secondo prodotto, oltre alla cellulosa, che trova applicazione in numerosi processi industriali.

Incremento della rimozione dell'acqua tramite pressa scarpa.

La pressa scarpa è una tecnologia che consente un incremento di produttività degli impianti, grazie al maggior grado di secco che si ottiene in testa alla seccheria ed alla conseguente maggiore velocità del foglio. Le condizioni per la sua applicabilità, oltre alla possibilità di risparmio energetico, dipendono anche dal contesto economico in cui opera l'azienda. L'incremento di produttività deve infatti essere giustificato da una maggiore richiesta di mercato che possa sostenere un investimento di tali proporzioni. L'inserimento di una pressa scarpa all'interno di un impianto esistente richiede un intervento su tutta la struttura impiantistica della cartiera, al fine di sostenere l'incremento di produttività, pertanto in molti casi questa tecnica non può essere applicata su impianti esistenti.
L'incremento di velocità incide infatti sia sulla struttura della macchina continua, sia su tutti i servizi ausiliari al processo (es. disponibilità di spazio nello stabilimento, capacità della sezione di preparazione impasti, sistemi di controllo di processo, capacità dell'impianto di trattamento delle acque reflue, etc.).

Gestione degli effetti indesiderati derivanti da un più alto grado di chiusura dei cicli delle acque

Una chiusura spinta dei cicli delle acque comporta una serie di effetti anche da un punto di vista ambientale che vanno attentamente considerati al fine di ottenere il migliore equilibrio tra le esigenze dei diversi comparti ambientali, compatibilmente anche con la qualità del prodotto che si deve ottenere. E' infatti opportuno segnalare che vi sono elementi di criticità che emergono, ad esempio, per le carte destinate al contatto per alimenti, che richiedono particolari standard qualitativi per la tutela della sicurezza dei consumatori. Altri aspetti negativi che vanno considerati, soprattutto in riferimento alla collocazione del sito produttivo, sono un incremento delle emissioni odorose e un incremento nella produzione di rifiuti. Un elevato grado di chiusura dei cicli può inoltre non essere compatibile con le strutture metalliche degli impianti produttivi che non sono stati progettati fin dall'inizio ad operare in condizioni di elevata salinità. La chiusura dei cicli incide inoltre negativamente sul grado di bianco della carta prodotta, che rappresenta invece un elemento di valutazione qualitativa del prodotto che premia soprattutto l'elevata qualità della produzione nazionale.

Non da ultimo va segnalato che un incremento nella chiusura dei cicli comporta una maggiore concentrazione di inquinanti negli scarichi, tali da renderli in taluni casi incompatibili con le attuali disposizioni di legge. Va infatti precisato che nella normativa ambientale in materia di acque la gestione e il controllo degli scarichi idrici è improntato al criterio della concentrazione limite. Tale sistema non individua limiti specifici per alcun settore industriale.

Tale impostazione, a parte alcune eccezioni mutuate sempre dalla normativa comunitaria (limiti di emissione per unità di prodotto riferiti a specifici cicli produttivi, ad esempio, fabbricazione di batterie, utilizzo di mercurio, cfr. Tabella 3/A di allegato 5 del DLgs n. 152/99), è stata di recente affiancata dall'art. 28, comma 2 del D.Lgs 152/99, che prevede la possibilità per le Regioni di definire, accanto ai limiti alle emissioni in concentrazione, limiti ponderali (quantità massima assoluta o quantità massima per unità di tempo) fissati sulla base delle migliori tecniche disponibili. Tale approccio è finalizzato al rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici da parte degli scarichi (art. 28, comma 1). Detti obiettivi saranno, ovviamente, differenti in funzione della diversità dei corpi idrici stessi in funzione della loro portata e della situazione locale connessa .

Nel BRef per il settore cartario gli inquinanti negli scarichi vengono riportati come quantità per unità di carta prodotta e questo favorirebbe l'adozione di limiti di emissione con questa impostazione affiancati, se necessario, da limiti espressi in concentrazione. Qualora siano presenti, entrambi detti limiti devono comunque essere coerenti fra loro. Il primo permette di verificare l'impatto globale del processo produttivo in un certo arco di tempo e in funzione del bene prodotto. Il secondo permette un più agevole controllo sugli scarichi da parte dell'azienda e delle autorità competenti.

Nell'individuazione delle BAT applicabili ad un impianto non si può prescindere dai vincoli preesistenti dovuti alla legislazione ambientale emanata dallo Stato o dalla Regione in cui l'impianto sussiste. L'autorizzazione integrata ambientale, determinata secondo i principi della direttiva IPPC non può, infatti, di per se stessa porre limiti meno rigorosi di quelli previsti dalla legislazione nazionale e locale vigente. Questo anche nel caso degli scarichi in acqua.

L'impostazione comune a molti paesi europei, invece, è quella di porre l'attenzione sulla minimizzazione della portata degli scarichi idrici, a discapito della loro concentrazione. Nel caso del COD (domanda chimica di ossigeno), ad esempio, il limite legale in Italia di 160 milligrammi per litro (in alcuni casi già ritoccato in basso da alcune autorità) è da considerarsi estremamente vincolante rispetto a quanto previsto dal BRef, che prevede, per gli impianti per la produzione di cellulosa bianchita, in caso di applicazione delle BAT per la riduzione dei consumi idrici, concentrazioni di COD in acqua sino a 400-600 milligrammi per litro (pag. 157).

Si pone, quindi, la questione del rapporto tra i limiti in concentrazione vigenti, la applicazione dell'art. 28, comma 2 cit. in funzione degli obiettivi di tutela dei corpi idrici ricettori e, soprattutto, l'applicazione delle migliori tecniche disponibili in attuazione della Direttiva IPPC.
Diventa, quindi, fondamentale perseguire l'obiettivo di avere un sistema coerente di riferimento per la definizione dei limiti di scarico o che , in alternativa, i limiti derivanti dai diversi sistemi siano fra loro coerenti.

Come ulteriore esempio di esigenza di coerenza nella gestione dei limiti di emissione e delle prescrizioni sull'utilizzo della risorsa, è possibile riferirsi ai valori di riferimento indicati dal BRef nel caso di applicazione delle BAT.

Se si prende, ad esempio, il caso di impianti per la produzione di carte da giornale a base di fibra di recupero, il BRef indica (pag. 299) come tecnicamente raggiungibili valori di emissioni di COD pari a 2-4 kg per tonnellata di carta prodotta, a fronte di un volume di acque reflue di 8-15 m^3. In queste condizioni, lo scarico avrebbe concentrazioni medie annue comprese 133 (=2/15 x1000) e 500 (= 4/8 x1000) mg/l. Tali valori non sono evidentemente compatibili con la necessità delle aziende italiane di attestarsi su valori di concentrazione sempre inferiori a 160 mg/l, anche nei momenti di picco.

Il rapido passaggio dalla "concentrazione" ad un sistema basato sulla quantità di inquinanti per unità di carta prodotta può comportare, in definitiva, problemi a livello aziendale, ma anche a livello di controllo, quest'ultimo certamente "agevolato" nell'impostazione tradizionale.

Sostituzione degli additivi chimici pericolosi con analoghi prodotti a minore pericolosità

Il settore cartario presenta significativi esempi di successo nella sostituzione di prodotti chimici pericolosi con altri a minore pericolosità. L'esempio più evidente è il processo di conversione che ha coinvolto l'intera industria cartaria europea che è passata dal processo di sbianca con cloro gassoso ai processi denominati "chlorine free" (ECF e TCF).
Altro esempio in grande scala di sostituzione di sostanze con prodotti a minore impatto ambientale è la conversione, avvenuta in modo particolarmente significativo in Italia, delle centrali termoelettriche dall'impiego dell'olio combustibili al gas naturale. Altri esempi sono riscontrabili nella pratica delle aziende, in particolare nel campo dei biocidi, dei ritentivi e degli antischiuma, compatibilmente con le caratteristiche del processo e del prodotto finito che si deve ottenere.
A tale riguardo è bene segnalare che l'approccio integrato richiesto dalla direttiva comporta una valutazione di più ampio spettro, al fine di decidere sull'opportunità di operare la sostituzione di un prodotto chimico. E' il caso ad esempio di un biocida sostituibile con un prodotto analogo a più bassa pericolosità ma per il quale è richiesto un utilizzo in maggiori quantità. Il vantaggio, in tale caso, di impiegare il prodotto viene annullato dalla necessità di movimentarne ingenti quantità, trattandosi comunque di una sostanze pericolosa.
Benché la direttiva IPPC preveda un approccio orientato allo stabilimento produttivo, è inoltre necessario tenere in considerazione anche il contesto in cui viene svolta l'attività. Ad esempio nel BRef relativo agli aspetti economici ed all'approccio integrato, si fa l'esempio della sostituzione di un processo di stampa basato su inchiostri a solvente con un analogo processo basato su inchiostri ad acqua. Sebbene considerando i confini del sito produttivo l'inchiostro ad acqua presenta maggiori vantaggi da un punto di vista ambientale, è da notare che tale tipologia di stampa riduce le possibilità di riciclare la carta stampata utilizzando le attuali tecnologie di disinchiostrazione. E' quindi evidente in questo caso come un limitato vantaggio ambientale ottenuto all'interno di un sito produttivo potrebbe produrre, in attesa di disporre di tecnologie di disinchiostrazione adeguate, un più significativo impatto ambientale sull'intero territorio nazionale.

Il cartoncino nell'ambito della produzione di carta a base di fibra di recupero.

Il capitolo 5 del BRef comunitario individua due tipologie principali di processi cartari basati sull'impiego di fibra di recupero. Si tratta dei processi a base di fibra non disinchiostrata e dei processi a base di fibra disinchiostrata. Tra i primi il prodotto più caratteristico è la carta per onda, tra i secondi i prodotti principali sono le carte da giornale e le carte tissue.
Il cartoncino, sia per imballaggi che per editoria, invece non trova una corretta collocazione in questa classificazione in quanto è un prodotto caratterizzato da alcune peculiarità, tra cui spicca quella di essere composto dalla sovrapposizione di più strati ottenuti con differenti mix di materie prime allo scopo di avere adeguate caratteristiche meccaniche, di stampabilità e di idoneità alla trasformazione cartotecnica. Pertanto le fibre impiegate per la produzione di cartoncini sono in parte soggette a disinchiostrazione. Questo in particolare per gli strati esterni, che sono sottoposti a successivi processi di patinatura e di stampa ad elevata definizione.

Lavaggio della pasta prima dell'impiego nella macchina continua. Solo per impianti CTMP integrati

La tecnica può essere applicata anche ad impianti non integrati, i quali nel qual caso si faranno carico di trattare in sito la sostanza organica solubile che rimane nella pasta per carta anziché passare questo onere all'impianto che successivamente utilizza la pasta per carta. In questo caso però l'adozione della tecnica produrrà un incremento dell'impiego d'acqua e delle emissioni a livello locale.

Evaporazione delle acque più inquinate e incenerimento dei concentrati, applicabile solo per impianti nuovi o con significativi aumenti di capacità

Questa tecnica è applicabile solo su impianti con una ingente produzione di pasta per carta, tali cioè da essere in grado di ottenere volumi di concentrati sufficienti a giustificare l'installazione di un impianto per la loro valorizzazione energetica.
Impianti di ridotte dimensioni, non disponendo di quantitativi sufficienti per attuare il recupero energetico, possono ricorrere alla concentrazione per evaporazione di reflui di processo al fine di smaltirli come rifiuti liquidi.

Recupero e riutilizzo delle acque di patina, anche attraverso il ricorso all'ultrafiltrazione, se tecnicamente ed economicamente possibile

In alternativa al recupero delle acque di patina, è possibile effettuare il recupero delle cariche, per mezzo di sedimentatori, in modo da reintrodurle come cariche nella produzione di carta. L'opzione dell'ultrafiltrazione è preferibile nel caso in cui l'impianto produca carte con patine ad elevato contenuto di ceneri e quindi, a causa dei limiti sul contenuto di ceneri ammesse dal supporto, diventi impossibile recuperare sia i

fogliacci che le cariche di patina. In questo caso è quindi opportuno concentrare la carica recuperata con l'ultrafiltrazione e riciclarla in patina oppure smaltirla sotto forma di fanghi.

Impiego di tecnologie per la riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto

L'ottimizzazione delle condizioni di combustione attraverso appositi bruciatori (ad esempio "low NOx burner") è una tecnica generalmente applicabile sia sulle caldaie per la produzione di vapore sia su impianti turbogas.
Nel caso di impianti turbogas, la tecnica è applicabile solo su impianti nuovi che siano già progettati in origine per utilizzare bruciatori del tipo "low NOx".
Nel caso di caldaie, la tecnica è applicabile anche ad impianti esistenti, ma nel tale caso si dovrà prima verificarne la sostenibilità economica. Tali tecniche, infatti hanno costi non proporzionali alle dimensioni dell'impianto, risultando quindi particolarmente onerose nel caso di impianti di ridotta potenzialità ovvero con uso saltuario per emergenza, con conseguente impatto in termini di applicabilità (a tale riguardo è opportuno segnalare che il parco di centrali termiche operanti presso gli stabilimenti cartari è, per dimensioni, estremamente variabile, comprendendo unità da 2 fino a 200 MW).
Le effettive prestazioni ottenibili con tale tecnica andranno valutate sulla base della caldaia a cui sono applicate, con particolare riferimento alle caratteristiche della camera di combustione. In particolare, nelle caldaie di costruzione meno recente, l'elevato carico termico di esercizio e il ridotto volume della camera di combustione rendono tale tecnica meno efficiente.

H. DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

L'elenco che segue enumera le Migliori Tecniche Disponibili (MTD) nel settore della produzione di carta e di pasta per carta, suddivise per tipologie di processi di produzione, in analogia a quanto riportato nel BRef comunitario, e suddivise in misure generali ed in misure specifiche per la riduzione di determinati impatti ambientali.

La lista qui prodotta è largamente sovrapponibile a quella del BRef comunitario, dal momento che in generale le MTD proposte in ambito europeo risultano generalmente applicabili allo scenario italiano. Peraltro, come anche espresso dal BRef stesso, non va inteso che queste tecniche possano essere adottate tutte insieme, ma che piuttosto si debba procedere all'applicazione di una idonea combinazione di esse, coerentemente con gli obiettivi ambientali da raggiungere, in quanto l'applicazione di tutte le MTD elencate può non essere sostenibile mantenendo al contempo quei criteri di applicabilità tecnica ed economica che sono alla base delle singole MTD stesse.

Ovviamente i processi che saranno considerati nel seguito sono solo quelli riconosciuti di maggiore interesse per la situazione nazionale. Nella redazione di questa linea guida non è stato possibile effettuare una valutazione delle prestazioni ambientali associabili all'adozione della lista di MTD che sarà presentata nel seguito. Nel BRef comunitario sono consultabili alcune valutazioni di prestazioni, espresse come carico di inquinante per unità di produzione e come valori medi annui. Peraltro, occorre segnalare che i dati del BRef sono riferiti ai grandi impianti europei, generalmente mono-produzione ~~e~~, di recente costruzione e sottoposti a vincoli normativi di differente impostazione.

La scelta di non presentare valori di prestazioni ambientali associati alle singole tipologie produttive è motivata dalla particolare struttura dell'industria cartaria italiana, caratterizzata da un numero elevato di impianti, mediamente di dimensioni inferiori rispetto a quelle europee, che recuperano competitività attraverso la specializzazione e l'innovazione di prodotto, rendendo difficile qualsiasi classificazione e uniformazione. La flessibilità e la capacità di produrre articoli diversi nello stesso impianto produttivo sono caratteristiche proprie dell'industria nazionale e trovano difficilmente collocazione all'interno di rigidi schemi. Ne consegue che, sia la più opportuna combinazione di MTD che i relativi valori di emissione conseguibili, dovranno essere necessariamente valutati caso per caso, sulla base del contesto in cui opera l'impianto.

Sarà invece proposta una sintesi di prestazioni conseguibili a valle dei processi di depurazione, per i quali è possibile riconoscere una maggiore standardizzazione.

Tecniche comuni a tutte le produzioni

Vi sono alcuni aspetti comuni delle MTD relative ai diversi processi produttivi della pasta-carta e della carta. Le MTD comuni riguardano soprattutto la conduzione generale d'impianto, l'uso efficiente delle risorse, il contenimento delle emissioni in atmosfera, i rifiuti, i rumori. Successivamente verranno presentate tecniche specifiche prevalentemente per il comparto acqua.
In particolare, le tecniche che possono essere considerate MTD per tutti i processi esaminati sono:

- addestramento, tirocinio e sensibilizzazione degli operatori;
- ottimizzazione del controllo dei parametri di processo;
- mantenimento dell'efficienza delle attrezzature e degli impianti;
- adozione di un sistema di gestione ambientale (ai fini di questa linea guida si intende per sistema di gestione ambientale la parte del sistema di gestione complessivo comprendente la struttura organizzativa, la responsabilità, le prassi, le procedure, i processi e le risorse per definire e attuare la politica ambientale);
- integrazione di un sistema di controllo dei consumi energetici e delle prestazioni delle utenze significative;
- sostituzione a fine vita di attrezzature con analoghi apparecchi a maggiore efficienza energetica;
- impiego di tecnologie per la riduzione delle emissioni di ossidi d'azoto; per i grandi impianti di combustione (>50MW) da realizzarsi con tecniche primarie (ottimizzazione della combustione) e/o secondarie (depurazione dei fumi), mentre per impianti di taglia minore prevalentemente con tecniche di tipo primario;
- impiego di combustibili gassosi ed appropriate tecniche di combustione, in generale;
- ove non utilizzabile combustibile gassoso, impiego di combustibili a basso tenore di zolfo, appropriate tecniche di combustione e sistemi di abbattimento delle emissioni (scrubber; SNCR, filtri);
- adozione di misure per prevenire la perdita di controllo del processo e per ridurre le conseguenze derivanti da un incidente;
- miglioramento della gestione di cicli produttivi a elevato utilizzo di acqua, finalizzato alla minimizzazione dei consumi, coerentemente con la legislazione nazionale vigente in materia di scarichi idrici e con gli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- ricircolo o separazione delle acque di raffreddamento, compatibilmente con le possibilità di innalzamento delle temperatura delle acque reflue e coerentemente con la legislazione nazionale vigente in materia di scarichi idrici e con gli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- separazione e riuso delle acque di processo, ove possibile;
- prevenzione dei potenziali problemi derivanti da sversamenti accidentali in prossimità dei corpi idrici;
- minimizzazione della produzione di rifiuti e loro recupero, riutilizzo o riciclo, per quanto possibile;
- separazione alla fonte dei rifiuti;
- riduzione del rumore in funzione della presenza di recettori nelle vicinanze;

- predisposizione di un archivio documentale sui preparati chimici impiegati;
- applicazione del principio di sostituzione dei prodotti più pericolosi con analoghi preparati a minore pericolosità, ove possibile;
- adozione di misure per prevenire la dispersione accidentale di sostanze chimiche sul suolo e nell'acqua durante la movimentazione e lo stoccaggio.

La depurazione dei reflui di una cartiera, o di un consorzio di cartiere, in un impianto municipale o consortile è considerata una MTD se l'impianto è adeguato al trattamento del nuovo refluo risultante dalla miscela degli scarichi delle varie utenze allacciate.
In via generale, il vantaggio di poter accedere a MTD altrimenti economicamente o tecnicamente non applicabili in cartiere di dimensioni ridotte, quali quelle italiane, per mezzo di sistemi consortili è applicabile non solo alle acque reflue, ma anche ad altre tecniche, come, ad esempio, il recupero energetico degli scarti di cartiera o la cogenerazione. L'applicabilità di tali tecniche è comunque condizionata dalla disponibilità di tali impianti sul territorio e dalla possibilità, tecnica ed economica, di usufruirne.

Per quanto riguarda i processi di produzione di pasta-carta da fibre naturali, le seguenti MTD sono sempre ritenute valide:
- rimozione della corteccia a secco;
- riciclaggio di parte delle acque di sbianca;

Per i processi di produzione di carta invece, la MTD comune è:
- pre-trattamento separato per le acque di rimozione dell'inchiostro (processi che utilizzano carta di recupero) e per le acque di patinatura.

Produzione di pasta-carta mediante processi a base di solfito.

Nel complesso, le MTD specifiche per i processi a base di solfito a base di calcio, unica soluzione adottata in Italia per la produzione di pasta chimica, sono:
- tecniche di cottura prolungata per migliorare la separazione delle fibre che precede la sbianca;
- adozione di tecniche di sbianca che eliminino totalmente l'uso di composti a base di cloro; per la produzione di carte che richiedono particolari qualità, ovvero per situazioni esistenti ove risulti non economica la sostituzione del metodo di sbianca adottato, si potrebbe accettare la tecnica in assenza di cloro elementare (con utilizzo di ClO_2 o ipoclorito) purché essa comporti un contenimento delle emissioni di AOX in acqua comunque congruente con i limiti richiesti dagli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore;
- riciclaggio di parte delle acque di processo provenienti dalla sbianca;
- monitoraggio delle perdite e procedure di ripristino;
- neutralizzazione della liscivia precedente all'evaporazione seguita dal riuso o trattamento anaerobico del condensato;
- serbatoi di stoccaggio per le acque di cottura, di recupero e dei condensati non riutilizzabili per prevenire il sovraccarico dell'impianto di trattamento delle acque;

- oltre alle misure integrate con il processo produttivo, i trattamenti primari e biologici degli effluenti rientrano anch'essi nelle MTD.

Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera si possono citare le seguenti MTD:
- raccolta delle emissioni di SO2 e loro combustione in caldaia, in alternativa recupero per la produzione di nuovo liscivio, in alternativa abbattimento tramite desolforatore.

Produzione di pasta-carta mediante processi meccanici e chimico-fisici.

Nel complesso, le MTD per i processi meccanici e chimico-fisici sono:
- ricircolo delle acque nell'impianto di produzione di pasta-carta;
- separazione delle acque di produzione di pasta e di carta mediante ispessitori, applicabile ai soli impianti integrati;
- ricircolo delle acque bianche dalla cartiera all'impianto di produzione di pasta-carta, in funzione del livello di integrazione, applicabile ai soli impianti integrati;
- adozione di serbatoi di accumulo dei concentrati (per il processo CTMP non integrato, caratterizzato da una sufficiente produzione di biomassa per uso energetico);
- gestione dei transitori attraverso l'adozione di vasche di equalizzazione o con opportuni volumi di stoccaggio dei concentrati;
- trattamenti primari e biologici degli effluenti, coadiuvati se necessario da flocculazione e precipitazione chimica.

Produzione di carta da fibre riciclate.

Nel complesso, le MTD per i processi che utilizzano carta da macero sono:
- separazione delle acque più inquinate da quelle meno inquinate e riciclaggio delle acque di processo;
- gestione ottimale delle acque (cicli delle acque), adozione di tecniche di sedimentazione, flottazione e filtrazione e riciclaggio delle acque di processo;
- separazione dei cicli delle diverse acque e flusso delle acque di processo in controcorrente;
- produzione di acque chiarificate per gli impianti di rimozione dell'inchiostro (flottazione);
- installazione di bacini di equalizzazione;
- trattamenti primari e biologici degli effluenti, coadiuvati se necessario da flocculazione e precipitazione chimica.
- riciclaggio parziale delle acque dopo il trattamento biologico, anche in funzione del livello qualitativo della carta prodotta (eventuale necessità di trattamenti terziari).

Produzione di carta da fibre vergini.

Le MTD finalizzate a ridurre le emissioni in acqua delle cartiere sono:

- realizzazione di sistemi di stoccaggio per le acque bianche, per i permeati di filtrazione e adozione di criteri di progetto e macchinari a ridotti consumi d'acqua;
- adozione di misure per la minimizzazione della frequenza e degli effetti di smaltimenti accidentali;
- pre-trattamento separato delle acque reflue di patinatura;
- sostituzione di sostanze potenzialmente pericolose con sostanze meno dannose;
- adozione di bacini di equalizzazione a monte dei trattamenti delle acque reflue;
- trattamenti primari, secondari biologici e/o, in alcuni casi, precipitazione chimica o flocculazione per le acque reflue: quando vengono adottati i soli trattamenti chimici, le concentrazioni di COD effluenti saranno leggermente più alte, ma principalmente costituite da composti facilmente biodegradabili; la scelta del tipo di trattamento (chimico-fisico o biologico) dipende principalmente dalla natura delle acque reflue. Nel caso di reflui con carico inquinante legato prevalentemente alla frazione sospesa, e/o a quella colloidale, può essere vantaggioso l'utilizzo di un trattamento chimico-fisico; viceversa il trattamento biologico è specifico per la rimozione del carico inquinante presente in forma disciolta, mentre la riduzione di quello sospeso e colloidale è un effetto secondario legato essenzialmente all'inglobamento meccanico all'interno del fiocco. Un altro aspetto da considerare è la biodegradabilità dell'inquinante in oggetto che, come è naturale, va considerata nella valutazione dell'applicazione del trattamento biologico. E' possibile inoltre, intervenendo sul ciclo produttivo, ottenere una diversa tipologia qualitativa di refluo. Ad esempio, ferma restando la necessaria verifica di fattibilità economica e di mercato, con una selezione di materie prime vergini più pulite si possono ottenere delle acque con minore contenuto di sostanza organica solubile. In tal caso si possono modificare i criteri di scelta del trattamento, spostando la valutazione sull'applicazione di un chimico fisico piuttosto che di un trattamento biologico. Nella valutazione tecnica andranno poi considerati anche tutti gli effetti incrociati in termini di consumi di energia, di prodotti chimici e di produzione di rifiuti solidi e di emissioni in atmosfera legati all'applicazione dei vari trattamenti.

Sintesi delle Migliori Tecniche Disponibili per il controllo delle emissioni in atmosfera e valutazione delle prestazioni ottenibili

Inquinante	TECNICHE	Efficienza	Prestazioni ovvero intervalli di prestazioni conseguibili	Osservazioni
NOx	Bruciatori a basso NOx		50-100 mg NOx/Nm^3 (per impianti turbogas) Tenore di ossigeno 15% 100-200 mg NOx/Nm^3 (Usando gas come combustibile) Tenore di ossigeno 3% 120-450 mg NOx/Nm^3 (In funzione delle diverse tipologie di olio combustibile) Tenore di ossigeno 3%	Tecnica applicabile su impianti nuovi o esistenti, ad esclusione degli impianti turbogas esistenti.
NOx	SNCR sulle caldaie a corteccia	40%	100-200 mg NOx/Nm^3 Tenore di ossigeno 3%	Con iniezione di ammoniaca o urea

Inquinante	TECNICHE	Efficienza	Prestazioni ovvero intervalli di prestazioni conseguibili	Osservazioni
SO_2	Installazioni di scrubber sulla caldaia	90%	10-50 mg SO_2/Nm^3 Tenore di ossigeno 3%	Tecnica sostenibile per impianti con potenza termica superiore a 50MW che impiegano olio combustibile
SO_2	Concentrazione della liscivia, precipitatore elettrostatico e scrubber a multistadio sulla caldaia a recupero del liquor nero		180 mg SO_2/Nm^3 Tenore di ossigeno 11%	Applicabile in casi di recupero termico del liscivio
Polveri	caldaie con precipitatori elettrostatici (nuovi impianti)	-	Olio combustibile: 10-50 mg/Nm^3 (Dipende dal contenuto di zolfo e del tipo d'installazione) Tenore di ossigeno 3%	Per potenze termiche inferiori a 50 MW è opportuna una valutazione specifica costi-benefici.
	caldaie con precipitatori elettrostatici (impianti esistenti)	-	Olio combustibile: 50-80 mg/Nm^3 (Dipende dal contenuto di zolfo e del tipo d'installazione) Tenore di ossigeno 3%	

Sintesi delle Migliori Tecniche Disponibili per il controllo delle emissioni in acqua e valutazione delle prestazioni ottenibili

Le tecniche elencate forniscono indicazioni sulle efficienze medie riscontrabili in impianti asserviti a insediamenti industriali. L'efficienza effettiva andrà comunque valutata sulla base della qualità dell'acqua da trattare.
La migliore combinazione di tecniche dovrà essere valutata sulla base delle proprietà del corpo recettore, delle caratteristiche del refluo, della tipologia di processo produttivo, delle dimensioni dell'impianto e della sostenibilità tecnica ed economica degli impianti.
In particolare nel caso della depurazione delle acque reflue, trattandosi di tecniche di abbattimento a fine processo, l'adozione della MTD più pertinente è funzione anche di quanto sia possibile intervenire a monte con MTD di processo o con trattamenti su reflui specifici.

Inquinante	TECNICHE	Efficienza	Prestazioni[3] ovvero intervalli di prestazioni conseguibili	Osservazioni
COD	• Fanghi attivi • Trattamenti anaerobici • Trattamenti primari di chiari-flocculazione • Eventuali trattamenti chimico-fisici (terziari) • Biomasse adese (letti percolatori, biodischi etc.)	• 60-85% • 60-85% • 80-90% • 10-40% • 50-70%	Le efficienze si riferiscono alla parte biodegradabile per gli impianti biologici e alla fase solida per gli impianti chimico-fisici.	Processi combinati aerobici-anaerobici possono essere adottati per ottenere ulteriori incrementi di efficienza e comunque la loro sostenibilità economica deve essere valutata caso per caso.
BOD	• Fanghi attivi • Trattamenti anaerobici • Biomasse adese (letti percolatori, biodischi, etc.)	• 85-98% • 85-95% • 65-80%		L'efficienza è dipendente dal tipo di BOD da trattare (solidi, colloidi, soluti)

[3] Le prestazioni indicate si riferiscono all'adozione della singola tecnica di depurazione. Il giusto bilanciamento di prestazioni, nel caso di utilizzo di più trattamenti, dovrà essere ricercato caso per caso e non comporta necessariamente il conseguimento della prestazione massima su ciascun trattamento.

Inquinante	**TECNICHE**	**Efficienza**	**Prestazioni[3] ovvero intervalli di prestazioni conseguibili**	**Osservazioni**
N totale[3]				
P totale[4]				
TSS (solidi sospesi totali)	• Trattamenti primari di chiari-flocculazione • Fanghi attivi • Eventuali trattamenti terziari chimico fisici	• 80-90% • 85-90% • 97-99%		

[4] Gli impianti di cartiera non sono usualmente concepiti per abbattere azoto e fosforo che piuttosto vengono aggiunti come nutrienti per il trattamento biologico.

I. ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

Applicabilità delle tecniche

Alle BAT il BRef associa dei valori di emissione di riferimento. In virtù delle notevoli disomogeneità presentate dal settore a livello internazionale, i valori di riferimento non sono espressi da un singolo numero ma da un campo compreso tra un minimo e un massimo. Per meglio spiegare il significato di tali valori, è bene riferirsi a quanto riportato nel documento stesso BRef comunitario, edizione dicembre 2001; pagine 98, 153, 205, 293, 402), in cui si segnala che i livelli di emissione o consumo associati alle BAT vanno intesi come quei livelli rappresentativi delle prestazioni ambientali che è prevedibile ottenere con l'adozione, nel settore specifico, delle tecniche descritte, tenendo presente l'equilibrio tra costi e benefici propri della definizione stessa di BAT. In ogni caso, non si tratta né di limiti di emissione, né limiti di consumo, né come tali vanno intesi. In alcuni casi potrebbe essere tecnicamente possibile ottenere migliori livelli di emissione o consumo ma, a causa dei costi associati, o a causa di considerazioni relative agli effetti trasversali, non possono considerarsi BAT per il settore nel suo complesso.

I valori di prestazioni delle BAT, e più in generale tutti i dati forniti nel BRef si riferiscono a medie annuali. I valori minimi e massimi non si riferiscono pertanto alle variazioni dovute a eventi sporadici, come i transitori di produzione, stagionali o determinati dall'invecchiamento delle attrezzature. A causa di ciò i valori medi giornalieri possono variare anche di oltre il 100% rispetto ai valori medi annuali indicati dal BRef.

In fasi di valutazione dell'applicabilità di una tecnica ad una data situazione, il BRef suggerisce alcuni elementi che devono essere tenuti in considerazione:

La dimensione dell'impianto

L'economia di scala non permette, infatti, agli impianti più piccoli di ottenere, a parità di costo, le stesse prestazioni ambientali. Questo può rendere alcuni tecniche inaccessibili. In alcuni casi, inoltre, alcune tecnologie sono economicamente giustificate solo se vi sono i volumi sufficienti di materia da trattare. E' questo il caso, ad esempio, degli impianti di depurazione dedicati che possono essere efficacemente sostituiti da impianti consortili.
Il BRef non chiarisce però cosa si intenda per impianti piccoli e grandi.
Nei vari esempi proposti nel BRef vengono presi in considerazione impianti di dimensioni che variano dalle 60.000 tonnellate annue di produzione fino a oltre 1 milione di tonnellate. Valori sicuramente superiori alla media nazionale (46.000 tonnellate annue di carta) ed europea 87.000 tonnellate annue di carta). Il BRef è perciò stato elaborato avendo a riferimento i più grossi impianti europei.

L'età dell'impianto

Le informazioni presentate nel BRef si basano su dati ed esperienze provenienti da impianti esistenti. Il BRef inoltre chiarisce che in linea di massima le BAT individuate sono applicabili a tali impianti e non solo a quelli di nuova progettazione. E' evidente però che tale valutazione di massima deve poi essere confrontata con la realtà della singola unità produttiva. Tra i problemi che possono insorgere nell'applicazione delle BAT su impianti esistenti, il BRef indica la disponibilità di spazio e la compatibilità tecnica con i disegni e i materiali delle strutture preesistenti. In via generale, inoltre, viene segnalato che le modifiche impiantistiche sugli impianti esistenti sono più costose, richiedono spesso di interrompere o rallentare la produzione e consentono un tempo di ammortamento dell'investimento inferiore, in quanto la vita utile dell'impianto è minore.

Le materie prime impiegate

La scelta delle materie prime influenza le prestazioni ambientali del processo produttivo in ogni aspetto, dalla produzione di rifiuti, al consumo energetico, alle emissioni in aria e acqua. Le scelte delle materie prime da parte degli operatori sono spesso legate a fattori esterni, quali la disponibilità, a livello locale, di materie prime, l'andamento dei prezzi e la qualità del prodotto finito desiderata. Il mercato delle materie prime, in particolare, impone ai produttori frequenti modifiche delle materie impiegate.
Un esempio dell'influenza delle materie prime sulle prestazioni ambientali è dato dalla produzione di energia elettrica. In funzione del combustibile impiegato (il BRef prende in esame il carbone, l'olio denso, il gasolio, il gas naturale e le fonti rinnovabili) le prestazioni ambientali saranno necessariamente diverse, così come le BAT che potrà essere necessario adottare. Analogamente, altri fattori che possono intervenire sulle prestazioni ambientali dell'impianto sono la qualità dei maceri impiegati, la qualità dell'acqua di cui lo stabilimento dispone e la resa della cellulosa impiegata. In questo senso, il mix di materie prime impiegate comporta efficienze di produzione differenti. E' il caso ad esempio della percentuale di macero utilizzata, rispetto al totale delle materie prime fibrose. A parità di prodotto finito, la produzione di residui, oltre alla richiesta di acqua, è generalmente superiore al crescere della quantità di macero introdotta nell'impasto. E' da osservare inoltre che la qualità del macero disponibile in Italia è generalmente inferiore rispetto alla media europea presa a riferimento nel BRef e questo comporta maggiori consumi di acqua ed energia per il loro trattamento.

Il contesto locale

La necessità di considerare le caratteristiche dell'ambiente circostante può determinare scelte differenti nelle BAT a livello di singolo stabilimento.
La pianificazione degli interventi da realizzare dovrà tenere conto dell'impatto sulle diverse matrici ambientali. Ad esempio, un impianto con un trascurabile impatto dei propri reflui liquidi in un corpo ricettore di grande portata, potrà dedicare maggiore

attenzione alle tecniche per la riduzione della produzione di rifiuti o per la riduzione dei consumi di energia, potendo limitare gli interventi sugli scarichi idrici.

La chiusura dei cicli

Il BREF Report pone particolare enfasi nell'applicazione di tecniche per la riduzione dell'impiego di risorse idriche.
La chiusura dei cicli ha come scopo prioritario la riduzione, per quanto tecnicamente possibile, dell'utilizzo della risorsa acqua, salvaguardando dal punto di vista quantitativo il corpo idrico dal quale l'acqua viene prelevata. Tale obiettivo non può comunque prescindere dal rispetto degli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore.

Quindi la valutazione del grado ottimale di chiusura del ciclo dovrà tenere conto, tra l'altro, delle due diverse esigenze ambientali: da un lato la riduzione delle portate di acqua prelevate e dall'altro i limiti di concentrazione da rispettare sui reflui scaricati.

Allo stesso modo, una chiusura spinta dei cicli deve essere valutata alla luce del potenziale impatto puntuale sul corpo recettore. A parità di carico inquinante riversato, infatti, la chiusura spinta dei cicli comporta uno scarico localmente più concentrato mentre una minore chiusura dei cicli comporta un maggior prelievo di risorsa ed uno scarico localmente meno concentrato. Nel caso di emungimento da falda il contenimento del prelievo assume particolare importanza, vista la superiore qualità della risorsa utilizzata. Diversamente, nel caso di prelievo da corpo superficiale, il vantaggio di contenere il prelievo potrebbe essere meno rilevante, contrapposto al vantaggio di avere uno scarico localizzato meno concentrato.

Nella valutazione del corretto grado di chiusura dei cicli si dovrà inoltre considerare anche il contesto locale in cui opera l'impianto.

Ad esempio, l'utilizzo di circuiti di raffreddamento in ciclo chiuso o parzialmente chiuso comporta la necessità di installare torri di raffreddamento con i possibili effetti incrociati (impatto paesaggistico, consumi energetici, consumi di prodotti chimici per l'additivazione dell'acqua di raffreddamento).
L'entità delle portate in gioco per i circuiti di raffreddamento varia inoltre in funzione delle condizioni climatiche; ad esempio nei paesi del sud-Europa i volumi di ~~d'~~acqua di raffreddamento sono ~~è~~ necessariamente superiori rispetto a quanto accade nel nord-Europa. Infatti la maggiore temperatura ed umidità dell'aria da un lato richiede dimensionamenti superiori in termini di portate d'acqua e di torri di raffreddamento mentre dall'altro rende difficilmente realizzabile il raffreddamento per mezzo di scambiatori ad aria. Ciò ha naturalmente impatto anche sui consumi energetici.
Tali condizioni sono profondamente diverse da quelle che si riscontrano negli impianti produttivi del nord-Europa dove è possibile effettuare raffreddamenti ad aria, con un ulteriore risparmio di risorse idriche.
E' quindi necessario trovare il corretto punto di equilibrio, in funzione del contesto ambientale in cui opera l'impianto.

Un ulteriore elemento da considerare è la dimensione della macchina continua. Cartiere di dimensioni ridotte, che operano con macchine continue di larghezza inferiore, devono necessariamente ricorrere, a parità di carta prodotta, a maggiori quantità d'acqua per i lavaggi dei bordi delle tele e dei feltri. Mentre infatti il lavaggio della zona centrale è proporzionale alla larghezza di macchina, i bordi richiedono una quantità fissa d'acqua, indipendentemente dalla larghezza complessiva. Anche la grammatura della carta ha un'influenza sui consumi idrici specifici, in quanto, a parità di superficie della tela da lavare, varia la quantità in peso di carta prodotta.

In Italia, infine, si opera spesso con frequenti cambi di produzione sulla stessa macchina continua.
Ciò è dovuto alla necessità di recuperare competitività attraverso una maggiore flessibilità e personalizzazione del prodotto. In Italia infatti operano molte aziende in grado di fornire prodotti di elevata qualità e personalizzati per il cliente, anche in quantità ridotte. Per contro, questo comporta una maggiore frequenza di lavaggi in concomitanza con il cambio di produzione e quindi una superiore richiesta d'acqua rispetto a quello che accade nei più grandi impianti europei presi a riferimento dal BRef. Il cambio di produzione può generare inoltre un maggior scarto di lavorazione, dovuto ai transitori, contestualmente ad una minore produzione.

La legislazione nazionale e regionale

Come già ricordato nel capitolo F, l'applicabilità delle MTD è vincolata a quanto disposto dalla legislazione nazionale e regionale. Le tecniche, per essere applicabili devono pertanto essere coerenti con gli altri requisiti di legge. Questo vale non solo per quanto riguarda la legislazione di carattere ambientale, ma più in generale per l'intero ordinamento nazionale. E' il caso, ad esempio, delle carte destinate al contatto con alimenti, per le quali la necessità di tutela della salute del consumatore riveste carattere di priorità che non può essere subordinata.

Le caratteristiche del prodotto

Nella valutazione delle prestazioni ambientali ottenibili si deve fare riferimento anche alla tipologia e qualità del prodotto ottenuto. Produzioni ad elevata qualità richiedono generalmente maggiore consumi di materie prime, acqua ed energia. Anche la produzione di residui può essere condizionata dalla qualità del prodotto, in quanto è necessario effettuare una maggiore selezione delle materie prime fibrose e dei materiali di carica per ottenere le prestazioni richieste dal prodotto. Anche a parità di tipologia produttiva, la produzione di carte di migliore qualità produce tendenzialmente maggiori emissioni e consumi, a causa delle minori rese di produzione. Le emissioni e i consumi di risorse non vanno quindi valutati unicamente in funzione della quantità di carta prodotta, ma anche della sua qualità, esprimibile anche per mezzo del suo valore commerciale.
In questo contesto rientrano anche le carte speciali. Tali carte si differenziano per le particolari caratteristiche prestazionali richieste, tanto da farle sfuggire da qualsiasi

classificazione. Lo stesso BRef non fornisce informazioni di dettagli su tali carte, spesso prodotte in solo poche realtà produttive a livello mondiale.
Tra le carte speciali possiamo citare, peraltro in modo non esaustivo, le carte colorate e verniciate, le carte veline e per sigarette, le carte valori e di sicurezza, le carte goffrate, marcate e filigranate, le carte autocopianti, le carte da stampa fotografica e digitale, le carte "cast coated", le carte trattate ed accoppiate, le carte da filtro e per impregnazione, le carte resistenti ad umido, le carte per usi elettrici ed industriali, le carte ignifughe, le carte "pergamena" e pergamenate, le carte "glassine" e siliconate, le carte opaline e trasparenti, le carte micate e perlescenti, le carte autoadesive. Casi di particolare rilievo sono infine le carte destinate al contatto con alimenti e per usi sanitari, per le quali sono richieste particolari caratteristiche igieniche, e la carta "air laid" per la quale si utilizza un particolare processo produttivo detto "a secco" che non è stato analizzato nel presente documento.

Criteri di monitoraggio

Le cartiere eseguono con opportuna frequenza una serie di controlli su parametri critici per il processo produttivo nel suo complesso. Alcuni di questi parametri fanno diretto riferimento ad impatti ambientali che presentano caratteristiche di significatività, in funzione del contesto in cui opera l'azienda e delle prescrizioni legali vigenti. L'individuazione dei parametri da monitorare e la frequenza di controllo dipendono direttamente dalle caratteristiche peculiari del singolo processo produttivo e non possono essere standardizzate a priori. A fini ambientali, l'autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale dovrà ricercare, con l'azienda interessata, la soluzione ottimale per allestire un corretto ed efficace piano di monitoraggio e controllo della produzione.

Alcune indicazioni minime possono però essere fornite sulla base di considerazioni generali. Prendendo ad esempio a riferimento quanto riportato nel BRef, si può evidenziare che i parametri considerati significativi per il processo cartario in via generale sono:

Parametri significativi per la produzione cartaria indicati dal BRef
ACQUA
Domanda biologica di ossigeno (kg/t)
Domanda chimica di ossigeno (kg/t)
Solidi sospesi (kg/t)
Composti organici alogenati (kg/t)
Fosforo totale (kg/t)
Azoto totale (kg/t)
Portata dello scarico di acque di processo (m^3/t)
ARIA
Zolfo (mg/MJ)
Ossidi di azoto (mg/MJ)
Particolato (mg/Nm^3)

ENERGIA
Impiego di calore di processo (GJ/t)
Impiego di energia elettrica di processo (MWh/t)

Dall'analisi di questa tabella emerge come questi parametri, espressi in funzione dell'unità di prodotto possano essere calcolati solo a posteriori, una volta nota la produzione annua. Il BRef ricorda infatti che i dati giornalieri possono presentare significative differenze rispetto ai valori medi annuali a causa di fenomeni stagionali e in funzione della specifica produzione in atto al momento del campionamento giornaliero. Bisogna quindi evidenziare la differenza tra esigenze di confronto di tecniche, come quelle richieste ad un documento qual è il BRef, ed esigenze di controllo operativo di processo, quali sono quelle delle aziende e delle autorità pubbliche di controllo.

Alcuni dei parametri utilizzati dal BRef non sono inoltre necessariamente significativi, come nel caso degli AOX (il BRef stesso riporta dei valori caratteristici prossimi al limite di rilevabilità del dato) quando si opera in assenza di processi di sbianca con cloro o suoi composti. Anche l'analisi dello zolfo nelle emissioni in aria, nel caso di combustione di gas naturale, o altro combustibile a basso tenore di zolfo risulta poco significativa.
In generale, dato che in Italia il settore impiega quasi esclusivamente gas naturale, le emissioni sono in diretta relazione con le condizioni di combustione, perciò si preferisce misurare altri parametri, come il tenore di ossigeno e la concentrazione di monossido di carbonio.

Infine, azoto e fosforo sono presenti nelle acque di processo in quanto intenzionalmente aggiunti come nutrienti per l'impianto di depurazione biologica. La loro analisi è quindi importante per verificare il corretto dosaggio e per monitorare il funzionamento dell'impianto biologico. Tale analisi è inoltre significativa soprattutto quando le acque reflue sono inviate ad un corpo recettore sensibile. Infine è da notare che i tempi richiesti dell'analisi del BOD, non rendono il parametro interessante per un monitoraggio efficace dell'andamento della produzione. Normalmente è quindi preferibile misurare il COD ed operare poi una conversione del dato attraverso una opportuna tabella di conversione propria di ogni impianto.

In via generale, prendendo a riferimento una azienda media italiana, il monitoraggio che può essere ipotizzato, per tenere sotto controllo gli impatti ambientali connessi al processo, può essere così riassunto

Parametro emissioni in ACQUA	**Unità di misura**	**Frequenza**
Domanda chimica di ossigeno	(mg/l)	Giornaliera
Solidi sospesi	(mg/l)	Giornaliera
Composti organici alogenati, solo in presenza di processi di sbianca con composti a base di cloro	(mg/l)	Giornaliera

Zolfo totale, solo in presenza di produzione di pasta chimica o semichimica semichimica con impiego di prodotti chimici a base di zolfo, ma senza recupero dei reagenti	(mg/l)	Giornaliera
pH	(pH)	Giornaliera
Temperatura	(°C)	Giornaliera
Fosforo totale, solo in presenza di nutrienti per l'impianto di depurazione	(mg/l)	Periodica, in funzione delle caratteristiche del corpo recettore e del tipo di impianto di depurazione
Azoto totale, solo in presenza di nutrienti per l'impianto di depurazione	(mg/l)	Periodica, in funzione delle caratteristiche del corpo recettore e del tipo di impianto di depurazione
Tutti i parametri della tabella del d.lgs 152/99	(mg/l)	Annuale
Parametro emissioni in ARIA	**Unità di misura**	**Frequenza**
SO_2, solo in presenza di produzione di pasta chimica o semichimica con uso di prodotti chimici a base di zolfo.	(mg/Nm^3)	In continuo
SO_2, solo in caso di utilizzo di combustibili contenenti S nella centrale termoelettrica,	(mg/Nm^3)	Non sono noti casi in Italia di centrali termiche alimentate ad olio combustibile in impianti medio-grandi
Polveri, solo in caso di utilizzo di combustibili non gassosi	(mg/Nm^3)	Non sono noti casi in Italia di centrali termiche alimentate ad olio combustibile in impianti medio-grandi
NO_X , solo in presenza di centrale termica non alimentate a gas metano ovvero di potenza elevata	(mg/Nm^3)	Continuo[5]
NO_X , in presenza di centrale termica alimentata a gas metano	(mg/Nm^3)	Discontinuo
Monossido di carbonio, solo in presenza di centrale termoelettrica	(mg/Nm^3)	Continuo

[5] L'indicazione generale di una frequenza di monitoraggio per gli ossidi di azoto è difficile, stante la variabilità delle potenze degli impianti di combustione asserviti al processo di produzione della carta e stante anche la potenziale variabilità dei combustibili adoperati. Si può andare da un monitoraggio in continuo, per potenze elevate ovvero in caso di utilizzo di alimentazioni differenziate nel tempo, ad un monitoraggio discontinuo in caso di utilizzo esclusivo di gas metano in impianti di taglia media, caratterizzati da un funzionamento molto stabile in termini emissivi. In questi ultimi casi, da un indagine a campione sulle autorizzazioni alle emissioni (ex DM 12/7/90) oggi emanate alle cartiere, risulta spesso indicata una frequenza annuale.

Temperatura, solo in presenza di centrale termoelettrica	(°C)	Continuo
Tenore di ossigeno, solo in presenza di centrale termoelettrica	(%)	Continuo

Tale schema è pensato per impianti di dimensioni medio-grandi. Per impianti di piccole dimensioni le frequenze potrebbero essere ridotte. In ogni caso la valutazione definitiva può essere fatto unicamente a livello di stabilimento, in funzione delle caratteristiche del processo, della sua stabilità nel tempo e della frequenza dei cambi di lavorazione. Lo schema riportato può non essere applicabile ad impianti che conferiscono i propri reflui ad impianti consortili di trattamento, in quanto generalmente individuano i controlli da adottare in funzione delle esigenze dell'impianto di trattamento.

Ulteriori parametri possono essere aggiunti o modificati in funzione di specifiche attività produttive e lavorazioni che comportino differenti emissioni significative.

Infine, le aziende adottano anche altri elementi di analisi sull'andamento della produzione e l'impiego di materie prime che di riflesso forniscono anche indicazioni di tipo ambientale. Parametri, quali l'impiego di combustibili o di risorse idriche sono pertanto valutati per il loro rilevante impatto economico e possono concorrere alla valutazione complessiva degli impatti ambientali del processo produttivo.

Per i rifiuti in particolare, i codici dell'elenco europeo di riferimento, specifici per il settore, sono quelli riportati nella seguente tabella. In particolare si deve segnalare che tali rifiuti sono tutti classificati come non pericolosi.

	Rifiuti della produzione e della lavorazione di polpa, carta e cartone
030301	scarti di corteccia e legno
030302	fanghi di recupero dei bagni di macerazione (green liquor)
030305	fanghi prodotti dai processi di disinchiostrazione nel riciclaggio della carta
030307	scarti della separazione meccanica nella produzione di polpa da rifiuti di carta e cartone
030308	scarti della selezione di carta e cartone destinati ad essere riciclati
030309	fanghi di scarto contenenti carbonato di calcio
030310	scarti di fibre e fanghi contenenti fibre, riempitivi e prodotti di rivestimento generati dai processi di separazione meccanica
030311	fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 030310

In Italia i rifiuti prodotti in quantità maggiori sono i fanghi di filtrazione e depurazione (030310-030311), i fanghi di disinchiostrazione (030305), e i c.d. scarti di pulper (scarti della selezione della carta destinata al riciclo - 030308). A questi si aggiungono poi altri rifiuti generici, quali i rifiuti di imballaggi, gli scarti di attrezzature e di materiali da costruzione, gli oli esausti.
I fanghi di cartiera sono generalmente destinati ad operazioni di ripristino ambientale, alla produzione di cemento e laterizi e al compostaggio. Nella produzione di alcuni cartoni e cartoncini è inoltre spesso possibile reintrodurre nel processo i propri fanghi, o utilizzare quelli prodotti da altre cartiere, se compatibili. Gli scarti di pulper sono invece idonei al recupero energetico, anche se trovano più spesso destinazione in discarica.
Tutti questi rifiuti devono essere ovviamente gestiti conformemente al d.lvo n.22 del 5 febbraio 1997, che prevede, tra l'altro, la tenuta di un apposito registro di carico e scarico e l'osservanza di una serie di norme attuative.

J. FATTIBILITÀ ECONOMICA DELLE TECNICHE ELENCATE ANALIZZATA ATTRAVERSO ANALISI COSTI-BENEFICI

L'applicabilità delle MTD dipende da numerosi fattori, tra i quali si deve evidenziare in primo luogo l'economia di scala. Non si devono però sottovalutare anche altri elementi critici, quali ad esempio l'esposizione alla competitività internazionale.
La presenza sui mercati di operatori non soggetti all'applicazione della direttiva IPPC può infatti rendere più difficilmente sostenibili da un punto di vista economico le tecniche considerate. A titolo di esempio, viene riportato il confronto tra i costi per il controllo dell'inquinamento in acqua per impianti nuovi ed esistenti, calcolati in funzione dell'unità di prodotto (€/ADt), in diverse aree di produzione. La produzione annuale è di 400.000 ADt per gli impianti di produzione di cellulosa kraft e 250.000 t per le altre tipologie. I dati provengono da uno studio condotto dalla Jaakko Poyry - Soil and Water Ltd per conto della Confederazione dell'industria Cartaria Europea (CEPI).

Impianti nuovi			
Emissioni in acqua	Costi per impianti nuovi applicando le BAT del BRef	Costi per impianti nuovi applicando le U.S. Cluster Rules	Costi di riferimento per impianti nuovi del sud-est asiatico
Cellulosa kraft bianchita	40	29	27
Cellulosa kraft non bianchita	23	20	Nd
Pasta a base macero non disinchiostrata	5.0	3.0	Nd
Pasta a base macero disinchiostrata	10.5	8.1	Nd
Pasta chemi-termomeccanica	14.9	11.7	Nd
Impianti esistenti			
Emissioni in acqua	Costi per impianti esistenti applicando le BAT del BRef	Costi per impianti esistenti applicando le U.S. Cluster Rules	
Cellulosa kraft bianchita	75	59	
Cellulosa kraft non bianchita	42	38	
Pasta a base macero non disinchiostrata	8.7	6.2	
Pasta a base macero disinchiostrata	16.9	13.8	
Pasta chemi-termomeccanica	24.2	20.2	

La problematica dell'impatto dell'IPPC sulla competitività delle aziende è stata anche affrontata nella recente comunicazione della Commissione Europea, COM(2003) 354 definitivo, Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato Delle Regioni "Sulla via della produzione sostenibile - Progressi nell'attuazione della direttiva 96/61/CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento", che riporta quanto segue: "...l'attuazione della direttiva potrebbe avere notevoli ripercussioni a livello socioeconomico. Da uno studio (IPTS, 2001) realizzato dalla Commissione in relazione all'impatto delle migliori tecniche disponibili sulla competitività dei singoli impianti è emerso tra l'altro che:

- non risulta che le migliori tecniche disponibili abbiano impedito alle imprese che le utilizzano e che ottengono buoni risultati nella tutela dell'ambiente di rimanere competitive a livello sia nazionale che internazionale;
- molti impianti che ottengono buoni risultati ambientali sfruttano tale caratteristica per accrescere la propria competitività;
- da ciò non consegue, tuttavia, che la sollecita adozione delle migliori tecniche disponibili anche da parte di altri impianti dei settori esaminati avrebbe un impatto negativo nullo o circoscritto sulla loro competitività.

Una delle principali conclusioni dello studio è che "... i cicli di investimento sono un fattore essenziale che le autorità competenti devono prendere in considerazione: è chiaro che il rinnovo già programmato di un macchinario rappresenta un'occasione ideale per effettuare investimenti ambientali. I settori caratterizzati da cicli di investimento relativamente lunghi hanno tuttavia minore flessibilità nell'organizzare tali investimenti rispetto a quelli con cicli di investimento più brevi. È quindi opportuno che le autorità discutano la programmazione degli investimenti con i gestori soppesando ogni svantaggio economico o finanziario rispetto alle esigenze dell'ambiente e tenendo conto del fatto che gli impianti dovranno essere pienamente conformi alle disposizioni della direttiva entro il 30 ottobre 2007 ...".

Un esempio dell'impatto delle economie di scala nel settore cartario è invece dato da un lavoro dell'Università di Pisa (1998). Secondo tale studio, "il rapporto tra input e output di un'azienda rimane immutato al variare del volume della produzione solo se i medesimi sono perfettamente frazionabili, e l'efficienza del processo di trasformazione è indipendente dalla scala delle operazioni. Muovendo da questi due ineccepibili assunti, le fonti delle economie di scala si riscontrano (in qualsiasi area gestionale o in qualsiasi scelta strategica) là dove queste due condizioni non sussistono più. Ecco allora che si possono enucleare alcuni casi in cui la grande dimensione presenta dei vantaggi, rispetto alla piccola, che si riflettono sui costi unitari di produzione. Le più frequenti situazioni si riferiscono a:

- l'esistenza di una soglia minima di impiego di una certa risorsa; nella vita di un'impresa ci sono alcuni servizi o alcune risorse il cui impiego risulta conveniente solo se il costo corrispondente può essere ripartito su di una quantità di prodotto assai vasta, questo per la mancanza di frazionabilità verso il basso; ad esempio, fino a qualche anno fa l'impiego di un elaboratore elettronico era un investimento assai più facile da ammortizzare da parte di una grande impresa; oggi lo sviluppo

tecnologico ha consentito una maggiore frazionabilità verso il basso eliminando progressivamente le iniziali economie di scala;

- l'uso ripetitivo di una risorsa senza dover sostenere oneri aggiuntivi; questo caso deriva dalla possibilità, una volta acquisita una certa risorsa, di poterla utilizzare senza limitazioni e con oneri aggiuntivi modesti o nulli; gli esempi più significativi sono i progetti, i brevetti, i marchi; la progettazione di un'automobile comporta ingenti investimenti che non sarebbero possibili se non si potessero ripartire su di un numero elevatissimo di prodotti (auto), perché renderebbero proibitivo il prezzo di vendita;
- lo sfruttamento del livello di impiego ottimale di risorse combinate in modo razionale; questo caso si riferisce ad un aspetto tecnico-produttivo dovuto all'imperfetta divisibilità di alcuni fattori della produzione; se in un processo produttivo vengono impiegati più macchinari che operano in cascata per la produzione in continuo, ma ognuno dei quali ha una differente capacità produttiva, si creano dei costi aggiuntivi; ipotizziamo di avere tre macchine con potenza produttiva di 10, 15 e 20 pezzi l'ora, la seconda e la terza verrebbero gioco forza sotto-utilizzate, con un aggravio nei costi, in seguito proprio al loro sotto-utilizzo; per evitare ciò l'impresa si dovrebbe dotare di sei macchine da 10, di quattro da 15 e di tre da 20 in modo che ogni tipologia di macchine produca sessanta pezzi l'ora (che rappresenta il minimo comune multiplo di 10, 15 e 20);
- un altro esempio è rappresentato dalle cosiddette "variazioni area-volume" o "legge dei due terzi"; per certe unità tecniche i costi di costruzione crescono meno che proporzionalmente alla capacità produttiva; se raddoppiamo le misure lineari di un serbatoio, la sua capacità aumenta di otto volte, mentre la superficie delle sue pareti cresce di quattro; tale tipo di economia di scala è riscontrabile in particolar modo nelle aziende di processo a ciclo continuo, in cui il costo dell'impianto dipende dalla superficie, mentre la capacità produttiva dipende dal volume;
- le forme di autoassicurazione; in tal caso si parla anche di "legge dei grandi numeri"; in questo caso si fa riferimento al fatto che una gestione aziendale organizzata su grandi dimensioni attiva una massa ragguardevole di eventi statisticamente indipendenti, le cui variazioni di senso opposto si compensano, realizzando una sorta di autoassicurazione; se un'impresa di piccole dimensioni utilizza una macchina di un certo tipo avrà bisogno, nel magazzino, di un numero di pezzi di ricambio che dipenderà dalla probabilità di rottura, mentre una grande impresa che utilizza più macchine terrà in magazzino un numero di pezzi di ricambio pari alla probabilità di rottura simultanea di più macchine; tale probabilità è uguale al prodotto delle singole probabilità, quindi l'ammontare dei pezzi di ricambio necessari ad assicurare una certa soglia di sicurezza cresce in modo meno che proporzionale all'aumento delle macchine uguali e indipendenti; lo stesso ragionamento vale, almeno in parte, per il servizio di manutenzione incaricato eventualmente di sostituire i pezzi di ricambio; logicamente l'effetto appena descritto è valido finché gli eventi sfavorevoli appaiano del tutto indipendenti, infatti se così non fosse ed esistesse una qualche relazione di contagio negli eventi sfavorevoli le economie di scala non sussisterebbero perché la probabilità dell'evento composto non diminuirebbe (anzi si accrescerebbe) rispetto a quella degli eventi singoli.

Alcuni autori inseriscono, tra le fonti delle economie di scala tecnologiche, la divisione del lavoro introdotta fra i primi da Adam Smith. Una maggiore dimensione può consentire una più ampia divisione del lavoro con benefici di notevole rilievo come: la riduzione nei costi per il passaggio da una lavorazione ad un'altra; la maggiore velocità della lavorazione dovuta ad una maggiore specializzazione che consente migliori performance (*learning by doing*); una riduzione degli sprechi (di tempo e di materiali) e dei difetti grazie ad una maggiore concentrazione ed attenzione del lavoratore su di una fase specifica della produzione.

Un fattore che può considerarsi fonte di economie di scala è costituito dalla struttura necessaria a garantire il controllo del processo produttivo. Gli impianti di maggiori dimensioni oltre a poter essere gestiti da strumenti più sofisticati e con elevata produttività (in quanto il loro costo elevato può essere meglio ammortizzato), richiedono anche un minor numero di addetti, per cui all'aumentare della capacità produttiva aumenta la convenienza economica a creare attività specializzate nei controlli di processo. La dimensione degli impianti di produzione, infatti, può condizionare l'economia e la produttività stessa di uno stabilimento cartario, mediante il fenomeno delle economie di scala tecnologiche, in base al quale, all'aumentare della quantità di *output* prodotta (ed effettivamente richiesta dal mercato) si può determinare un risparmio reale delle risorse impiegate.
Tale aspetto economico, sicuramente uno dei più rilevanti per le imprese che si trovano ad operare ed a competere in questo settore, influenza anche, direttamente od indirettamente, tutta una serie di comportamenti che interessano gli operatori economici: l'integrazione verticale a monte con i fornitori di materia prima e/o a valle con le industrie cartotecniche di trasformazione; le barriere all'entrata che possono creare non poche difficoltà ad un imprenditore che volesse intraprendere un'attività di questo tipo; la concentrazione in unità dimensionalmente più grandi tese a beneficiare, appunto, delle economie di scala, o la concentrazione di tipo finanziario volta comunque ad ottenere vantaggi anche in termini di costi; la forma di mercato che a seconda della presenza o meno di grandi colossi può volgere verso l'oligopolio o verso una concorrenza più o meno accentuata; le politiche concorrenziali che si possono svolgere sul piano dei costi, e quindi del prezzo di vendita, e sul piano della qualità; l'evoluzione dei prezzi, che può dipendere anche dal punto precedente.

L'importanza delle economie di scala nel settore cartario, ed in particolare nel comparto delle carte per ondulatori, deriva proprio dalle caratteristiche delle tecniche produttive adottate. Si tratta infatti di un'industria tipicamente *capital intensive*, ovvero di un'industria dove il rapporto capitale-lavoro per unità prodotta è molto elevato, che si è consolidata su di una traiettoria tecnologica basata sulla lavorazione chimica e meccanica delle materie prime e sull'impiego delle macchine a ciclo continuo a cui si associa un utilizzo intensivo di fonti energetiche e di risorse idriche. Il consolidamento di questo assetto produttivo tende a premiare una logica quantitativa e dimensionale basata sulle economie di scala, a livello di impianto, e sull'integrazione verticale ascendente. Nei comparti dove questa logica è imperante si ha una tendenza alla concentrazione la quale può favorire crisi aziendali per le imprese più deboli, così come è accaduto ed ancora accade per le cartiere che producono carte per ondulatori. Laddove questa logica economica è attenuata dalla possibilità di differenziazione qualitativa del

prodotto le piccole imprese riescono con maggior facilità a ritagliarsi uno spazio ben preciso nel mercato.

Un primo studio condotto alla fine degli anni '60 e riferito ai paesi scandinavi metteva in rilievo sia come si potesse risparmiare sugli investimenti richiesti per impiantare una unità produttiva, sia come l'andamento dei costi unitari assumesse un *trend* decrescente all'aumentare delle dimensioni produttive. (Nota: l'investimento necessario per acquisire un impianto di capacità cinque volte più grande poteva comportare un costo maggiore di 2,5-3 volte. Il risparmio in termini di costo unitario medio poteva essere anche del 20-25% con un'ulteriore riduzione del 10-15% se l'impresa era integrata [Elaborazione Eurofinance da FAO Unasylva, 1967]). Si tratta purtroppo di dati riferiti ad una realtà differente a quella del nostro paese, ma soprattutto molto lontana nel tempo. Più interessante può essere un'indagine svolta da una Commissione Parlamentare d'Inchiesta della Camera dei Deputati, la quale elaborò delle stime teoriche sui costi di investimento e di produzione riferiti anche al comparto della carta paglia (all'epoca la materia prima utilizzata era anche la paglia). Da questi atti risulta che se si considerano tre impianti di capacità produttiva annua di dieci, venti e trentamila tonnellate fatto cento l'investimento necessario per ottenere una unità di prodotto (tonnellata) con l'impianto da diecimila, tale valore si riduce a 96,91 per quello da ventimila e a 95,67 per quello da trentamila. In relazione ai costi unitari di produzione invece gli indici assumono i valori di 100; 95,79 e 92,12.
Più problematica è la ricerca relativa alle economie di scala conseguibili durante l'esercizio dell'impianto produttivo. Ed in particolare le voci di costo che consentono ciò sono:

- la manodopera, il cui costo si riduce in seguito al fatto che l'industria cartaria è un'industria *capital intensive* con un processo produttivo che si svolge in continuo, e che utilizza sistemi automatizzati per il controllo del processo medesimo;
- l'energia che nel campione esaminato presenta un divario notevole costituendo per la piccola cartiera il principale tra i costi di trasformazione superiore anche alle materie prime;
- gli ammortamenti;
- forse i costi per la manutenzione; per le imprese di maggiori dimensioni, la possibilità di realizzare notevoli economie di scala e quindi poter produrre razionalizzando il più possibile il livello dei costi in modo da garantirsi, oltre ad un prezzo competitivo, un margine di profitto che consenta di prepararsi agli investimenti futuri per gli adeguamenti alle innovative soluzioni tecnologiche che un settore *capital intensive* richiede".

Nella valutazione delle economie di scala è però bene valutare anche l'effetto dello stato dell'economia e dei mercati. Quando infatti la dinamica di mercato porta ad una contrazione della domanda, il gap tra aziende di diverse dimensioni tende a ridursi per effetto dei maggiori costi fissi a cui sono soggette le aziende più grandi.

K. DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

L'elenco delle MTD riportate nel presente documento, così come nel BRef, non può essere considerato esaustivo. Nell'applicazione al caso concreto si dovrà quindi anche valutare la reale applicabilità delle tecniche, oltre alla possibilità di disporre di tecniche alternative parimenti efficaci. Pertanto l'individuazione delle MTD applicate ed applicabili in un singolo impianto deve necessariamente partire da una valutazione preliminare dell'impianto produttivo, che l'azienda dovrà svolgere e successivamente sottoporre all'amministrazione tramite la domanda di autorizzazione.

Tale valutazione, da parte dell'azienda, deve essere finalizzata alla illustrazione dei processi condotti nel sito produttivo e delle conseguenti prestazioni ambientali. In questa fase dovranno quindi essere individuate le differenti fasi produttive, i macchinari installati, le materie prime impiegate. Tutto ciò avrà infatti influenza sulle tecniche applicabili e sulle emissioni prodotte.

Ad esempio, la presenza di processi a valle della produzione cartaria, quali la calandratura e la lisciatura, possono comportare ulteriori richieste di acqua ed energia. Anche la tipologia di carta prodotta può avere un'influenza significativa. È bene quindi verificare sempre se e come le carte prodotte rientrino nelle classificazioni necessariamente generiche adottate dai documenti tecnici di riferimento (includendo tra i documenti di riferimento il Bref comunitario e questa stessa linea guida). In molti casi, inoltre, negli stabilimenti si possono produrre più di un tipo di carta, pertanto le prestazioni ambientali complessive dovranno essere valutate in maniera differente nel caso di più linee di produzione contemporaneamente in funzione o di una sola linea di produzione che venga utilizzata per diversi prodotti.

La fase successiva richiede la valutazione degli aspetti ambientali significativi sui quali concentrare l'attenzione, nell'ambito di un approccio integrato. In questo senso, è necessaria una valutazione dei flussi in ingresso ed in uscita dallo stabilimento di materia ed energia. Fatta salva l'esigenza di evitare la raccolta e produzione di documentazione non utile al procedimento istruttorio, ulteriori valutazioni dei flussi, suddivise per singole fasi di lavorazione, possono rendersi utili o necessarie per utenze di particolare impatto, nel caso in cui su tali utenze sia possibile ottenere un miglioramento ambientale sensibile ed importante. Per l'identificazione dei parametri significativi ci si può riferire a quanto già disponibile in letteratura, verificandone la congruenza nel caso specifico. Esempi dei parametri significativi per il settore in genere si possono trovare in questo documento, nel BRef Report, nell'Inventario[6] delle Emissioni e loro Sorgenti e nel Rapporto Ambientale dell'Industria Cartaria. Tali documenti possono dimostrarsi un utile riferimento per la valutazione delle prestazioni

[6] La direttiva IPPC e la Decisione della Commissione europea 2000/479/EC stabiliscono e regolano la costruzione del registro europeo delle emissioni di inquinanti (EPER, *European Pollutant Emission Register*). Il decreto di recepimento della direttiva IPPC, D.Lgs. n. 372 del 4 agosto 1999, stabilisce la costruzione del registro nazionale delle emissioni inquinanti che alimenta l'EPER. La UE ha predisposto le linee guida per la realizzazione dell'EPER e successivamente sono state emanate le linee guida ed il questionario nazionale per la realizzazione del registro nazionale delle emissioni inquinanti e delle loro Sorgenti (INES).

ambientali complessive dell'azienda, tenuto conto che, trattandosi di documenti necessariamente generali, dovranno essere ricondotti alla realtà produttiva specifica oggetto di valutazione.
A questo punto l'azienda sarà in grado di identificare le MTD, o altre tecniche alternative, già applicate nello stabilimento e valutare le eventuali possibilità di intervento, in particolare nei settori ambientali che dovessero essere emersi come più significativi nella valutazione precedente. Alla identificazione, da parte dell'azienda, di possibili tecniche integrative si deve associare la valutazione dell'applicabilità tecnica ed economica nella realtà specifica.

Per determinare l'applicabilità di una tecnica è necessario poi verificare il contesto in cui opera l'azienda e la coerenza con i principi delle MTD, sulle quali si fonda la direttiva stessa.

A tale riguardo ricordiamo che nell'allegato IV della direttiva 96/61/CE e dello stesso d.lgs 372/99 si elencano le considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle MTD, tenuto conto dei costi e dei benefici, così riassunti:

1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti.
2. Impiego di sostanze meno pericolose.
3. Sviluppo di tecniche per il ricupero e il riciclo delle sostanze emesse e usate nel processo, e, ove opportuno, dei rifiuti.
4. Processi, sistemi o metodi operativi comparabili, sperimentati con successo su scala industriale.
5. Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico.
6. Natura, effetti e volume delle emissioni in questione.
7. Date di messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti;
8. Tempo necessario per utilizzare una migliore tecnica disponibile.
9. Consumo e natura delle materie prime ivi compresa l'acqua usata nel processo e efficienza energetica.
10. Necessità di prevenire o di ridurre al minimo l'impatto globale sull'ambiente delle emissioni e dei rischi.
11. Necessità di prevenire gli incidenti e di ridurne le conseguenze per l'ambiente;
12. Informazioni pubblicate dalla Commissione ai sensi dell'art. 16, paragrafo 2, o da organizzazioni internazionali (ad esempio il BRef e questa stessa linea guida).

In questa fase è inoltre necessario tenere in considerazione la legislazione nazionale e regionale di riferimento, la presenza di idonee infrastrutture e servizi e la localizzazione del sito.
Alcuni esempi dell'importanza di tali valutazioni sono la disponibilità nella zona di strutture idonee al trattamento dei residui di produzione, la qualità e le caratteristiche del corpo recettore, la presenza di centri abitati o aree protette in prossimità dello stabilimento.

E' quindi opportuno procedere con valutazione dei benefici ambientali attesi con l'applicazione della tecnica, non solo in termini di prestazioni teoriche, ma anche in funzione della reale operatività nel tempo. I benefici andranno valutati secondo un approccio integrato, al fine di evitare il trasferimento di inquinamento da un settore ambientale ad un altro.

Ai benefici ambientali ottenibili dovranno essere rapportati i costi derivanti, per verificarne la congruità. Nella valutazione dei benefici si dovrà tenere in considerazione le priorità definite, in campo ambientale, a livello territoriale e nazionale dalle Autorità competenti e la significatività dell'intervento rispetto ad esse. L'Amministrazione dovrà rendere disponibili all'azienda le informazioni sullo stato del territorio in cui è collocata l'attività produttiva, per permettere a quest'ultima una corretta valutazione.
Nella valutazione economica è invece necessario tenere conto della situazione economica, della capacità competitiva dell'impresa sul proprio mercato di riferimento e delle economie di scala ottenibili (vedasi il capitolo J).

Per gli impianti esistenti, inoltre, si dovranno considerare i costi aggiuntivi dovuti alla perdita di produzione causata dalle fermate necessarie per le modifiche impiantistiche e la messa a punto.

Infine l'applicabilità della MTD è condizionata alla compatibilità tecnica con le strutture esistenti, alla disponibilità di spazio e alla qualità richiesta dal prodotto. La verifica della compatibilità tecnica ed economica è una fase particolarmente critica, in quanto riassume tutte le specificità dell'impianto produttivo a cui ci si riferisce e pertanto non è possibile trovare le informazioni necessarie se non all'interno del sito stesso.

I tempi di attuazione, infine, dipendono dall'impatto che la tecnica ha sull'intero processo. In questo senso le tecniche che intervengono sul processo richiedono tempi di applicazione e affinamento maggiori. E' inoltre da notare che il settore cartario è ad alta intensità di capitale, ovvero gli investimenti nelle strutture produttive prevedono ingenti investimenti i cui ritorni si ottengono in tempi lunghi. Questo vuol dire che possono sussistere interventi per i quali le aziende devono programmare gli investimenti con gradualità e con prospettive a lungo termine.

Una volta identificata la migliore combinazione di MTD, o tecniche alternative, applicabili all'unità produttiva, l'Autorità competente potrà verificarne la coerenza con i principi della direttiva ed i requisiti di legge e definire le eventuali prescrizioni che dovranno essere inserite nell'autorizzazione integrata ambientale. Per quanto detto in precedenza, tali prestazioni saranno specifiche per ogni impianto produttivo e dovranno mantenere la loro coerenza con tutte le altre disposizioni di legge applicabili alla realtà produttiva in oggetto.

L. GLOSSARIO

L1 Definizioni

Calandratura

Operazione che agisce sulle caratteristiche della carta, conferendole un elevato grado di liscio, attraverso l'impiego di cilindri di pressione (*calandra*) che ne levigano la superficie, migliorandone la lucentezza e l'uniformità.

Cariche minerali

Le sostanze di carica (caolino, carbonato di calcio, talco, ecc.) vengono impiegate al fine di conferire all'impasto fibroso determinate caratteristiche fisico-meccaniche che ne migliorano l'utilizzo.

Cogenerazione

Generazione combinata di energia e calore. Permette una migliore efficienza energetica.

Collanti

Sostanze impiegate nel processo produttivo della carta per migliorarne le caratteristiche di scrivibilità e stampabilità.

Composti Alogenati

Composti che contengono uno o più elementi cosiddetti *alogeni*: fluoro, cloro, bromo, iodio.

Patinatura

Processo tramite il quale la carta (o il cartone) viene ricoperta di uno o più strati di pigmenti idonei ad incrementarne il grado di bianchezza e/o le proprietà di stampa.

Protocollo di Kyoto

Protocollo internazionale del 1997 promosso dalle Nazioni Unite per contrastare i cambiamenti climatici. Il Protocollo di Kyoto individua obiettivi di riduzione della concentrazione in atmosfera di gas responsabili dell'effetto serra. Gli Stati firmatari devono raggiungerli entro il periodo 2008-2012.

Sistema di Gestione ambientale

Parte del sistema di gestione aziendale complessivo comprendente la struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi, le risorse per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la politica ambientale elaborata dall'azienda stessa.

Solidi Sospesi Totali (SST)

Esprimono il grado di trasparenza dell'acqua, alterato dalla presenza di materiale vario rilasciato durante le diverse lavorazioni, nonché a seguito del processo di trattamento dei reflui.

Tasso di raccolta:

Rapporto tra la carta e cartoni da macero raccolti ed il consumo apparente di carta e cartoni, rappresenta la quota di carta e cartoni disponibili per il mercato che vengono recuperati dopo il loro utilizzo

Tasso di riciclo:

Rapporto tra il fabbisogno di macero ed il consumo apparente di carta e cartoni, rappresenta la quota di carta e cartoni disponibili per il mercato che vengono riciclati in nuova carta e cartoni

Tasso di utilizzo:

Rapporto tra il fabbisogno di macero e la produzione di carta e cartoni, rappresenta la quota di macero mediamente impiegata per la produzione di carta e cartoni

L2 Abbreviazioni, formule chimiche ed acronimi

AOX (Absorbable Organic Halogens)

Parametro che misura, in aggregato, la concentrazione totale dei composti organici clorurati delle acque di scarico; essendo un parametro aggregato, non fornisce tuttavia alcuna indicazione sulla tossicità, misurando sia i composti clorurati dannosi che quelli innocui.

CO_2

Biossido di carbonio, detto anche anidride carbonica, rappresenta il principale prodotto della combustione. E' un gas presente in atmosfera, ma il suo incremento è ritenuto uno dei principali responsabili dell'innalzamento delle temperature del pianeta (c.d. "effetto serra").

BOD (Biological Oxygen Demand)

Domanda Biochimica di Ossigeno, Parametro indicante l'ammontare di ossigeno consumato in una ossidazione completa di sostanza per via biologica. Spesso si utilizza il simbolo BOD_5 ad indicare il consumo di ossigeno associato ad un periodo di cinque giorni.

COD (Chemical Oxygen Demand)

Parametro indicante l'ammontare di ossigeno consumato in una ossidazione completa di sostanza per via chimica, fornisce una misura del contenuto di sostanza organica presente nelle acque reflue.

NO_X

Ossidi di azoto in diversi stati d'ossidazione, derivanti prevalentemente dai processi di combustione.

SO_2

Biossido di zolfo, derivante prevalentemente dai processi di combustione nel caso in cui siano impiegati combustibili contenenti composti dello zolfo.

M. BIBLIOGRAFIA

1. Assocarta, contributi ai lavori del GTR “carta ed affini”, (2003)
2. Assocarta, Rapporti ambientali dell’Industria Cartaria Italiana (vari anni)
3. US EPA, The Pulp and Paper Industry, the Pulping Proces, and Pollutant Releases to the Environment, (1997), Fact Sheet
4. US EPA, Chemical wood Pulping, (1995), Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Fifth Edition, Volume I
5. WORLD BANK GROUP, Pulp and Paper Mills, (1998), Pollution Prevention and Abatement Handbook
6. NPI, Pulp and Paper Manufacturing, (1998), Emission Estimation Technique Manual
7. EIPPCB, Best Available Techniques in the Pulp and Paper industry, (2001), Final Bref
8. Regione Piemonte, Environment Park, Linee guida Cartiere prodotte nell’ambito del progetto “EMAS, verso l’eco-efficienza” (2003)
9. Provincia di Lucca, rapporto finale del progetto Certe Gesta, 2002.
10. Aticelca, Introduzione alla fabbricazione della carta, Aticelca (Associazione Tecnica Italiana per la Cellulosa e la Carta), senza data.
11. Botto, Micca, Grandis, “Carta” estratto dall’enciclopedia della stampa, Società Editrice Internazionale, Torino, 1969.
12. R. W. J. McKinsey, “Technology of paper recycling” Edited by Blackie Academic & Professional, London, 1995.
13. Gramiccioni – Milana “La normative sui materiali e oggetti a contatto con gli alimenti”, Di Renzo Editore, Roma, 1995.
14. Assocarta, "La direttiva IPPC" Speciale dell'Industria della Carta dedicato all'applicazione della direttiva IPPC in Italia, Tecniche Nuove, Milano, 2003.
15. Assocarta, "Guida alla lettura del BREF Report per l'applicazione della direttiva IPPC nel settore cartario" , Milano, settembre 2002.
16. Medugno, Gabriotti, Manduzio, Ramunni “IPPC La nuova autorizzazione ambientale”, La Tribuna, Piacenza. 2003
17. Università degli Studi di Pisa - Facoltà di Economia - "Il ruolo delle dimensioni d'impresa nel settore cartario italiano - Il caso del comparto delle carte per ondulatori" , Relatore Prof. Roberto, candidato Stefano Muchetti, anno accademico: 1997 – 1998
18. ARPA FVG - Analisi ambientale per comparto produttivo: l’industria della carta. Progetto commissionato da APAT – Giugno 2003 – In corso di pubblicazione.
19. Decisione della Commissione Europea del 4 settembre 2002 che stabilisce i criteri ecologici aggiornati per l ’assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica alla carta per copia e alla carta grafica e modifica la decisione 1999/554/CE (2002/741/CE).
20. COM(2003) 354 definitivo, Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato Delle Regioni “Sulla via della produzione sostenibile - Progressi nell'attuazione della direttiva 96/61/CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento”.

21. Institute for Prospective Technological Studies - “The Impact of Best Available Techniques (BAT) on the Competitiveness of European Industry”, David Hitchens, Frank Farrell, Josefina Lindblom, Ursula Triebswetter, November 2001, Report EUR 20133 EN.

22. H.L. Baumgarten, “La tecnologia cartaria“, Aticelca 2003

05A05318

AUGUSTA IANNINI, *direttore* FRANCESCO NOCITA, *redattore*

(G503091/1) Roma, 2005 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.

I S T I T U T O   P O L I G R A F I C O   E   Z E C C A   D E L L O   S T A T O

LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE

cap	località	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
95024	**ACIREALE (CT)**	CARTOLIBRERIA LEGISLATIVA S.G.C. ESSEGICI	Via Caronda, 8-10	095	7647982	7647982
00041	**ALBANO LAZIALE (RM)**	LIBRERIA CARACUZZO	Corso Matteotti, 201	06	9320073	93260286
60121	**ANCONA**	LIBRERIA FOGOLA	Piazza Cavour, 4-5-6	071	2074606	2060205
04011	**APRILIA (LT)**	CARTOLERIA SNIDARO	Via G. Verdi, 7	06	9258038	9258038
81031	**AVERSA (CE)**	LIBRERIA CLA.ROS	Via L. Da Vinci, 18	081	8902431	8902431
70124	**BARI**	CARTOLIBRERIA QUINTILIANO	Via Arcidiacono Giovanni, 9	080	5042665	5610818
70121	**BARI**	LIBRERIA UNIVERSITÀ E PROFESSIONI	Via Crisanzio, 16	080	5212142	5243613
13900	**BIELLA**	LIBRERIA GIOVANNACCI	Via Italia, 14	015	2522313	34983
40132	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA EDINFORM	Via Ercole Nani, 2/A	051	4218740	4210565
40124	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA - LE NOVITÀ DEL DIRITTO	Via delle Tovaglie, 35/A	051	3399048	3394340
20091	**BRESSO (MI)**	CARTOLIBRERIA CORRIDONI	Via Corridoni, 11	02	66501325	66501325
21052	**BUSTO ARSIZIO (VA)**	CARTOLIBRERIA CENTRALE BORAGNO	Via Milano, 4	0331	626752	626752
91022	**CASTELVETRANO (TP)**	CARTOLIBRERIA MAROTTA & CALIA	Via Q. Sella, 106/108	0924	45714	45714
95128	**CATANIA**	CARTOLIBRERIA LEGISLATIVA S.G.C. ESSEGICI	Via F. Riso, 56/60	095	430590	508529
88100	**CATANZARO**	LIBRERIA NISTICÒ	Via A. Daniele, 27	0961	725811	725811
66100	**CHIETI**	LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI	Via Asinio Herio, 21	0871	330261	322070
22100	**COMO**	LIBRERIA GIURIDICA BERNASCONI - DECA	Via Mentana, 15	031	262324	262324
87100	**COSENZA**	LIBRERIA DOMUS	Via Monte Santo, 70/A	0984	23110	23110
50129	**FIRENZE**	LIBRERIA PIROLA già ETRURIA	Via Cavour 44-46/R	055	2396320	288909
71100	**FOGGIA**	LIBRERIA PATIERNO	Via Dante, 21	0881	722064	722064
03100	**FROSINONE**	L'EDICOLA	Via Tiburtina, 224	0775	270161	270161
16121	**GENOVA**	LIBRERIA GIURIDICA	Galleria E. Martino, 9	010	565178	5705693
95014	**GIARRE (CT)**	LIBRERIA LA SEÑORITA	Via Trieste angolo Corso Europa	095	7799877	7799877
73100	**LECCE**	LIBRERIA LECCE SPAZIO VIVO	Via Palmieri, 30	0832	241131	303057
74015	**MARTINA FRANCA (TA)**	TUTTOUFFICIO	Via C. Battisti, 14/20	080	4839784	4839785
98122	**MESSINA**	LIBRERIA PIROLA MESSINA	Corso Cavour, 55	090	710487	662174
20100	**MILANO**	LIBRERIA CONCESSIONARIA I.P.Z.S.	Galleria Vitt. Emanuele II, 11/15	02	865236	863684
20121	**MILANO**	FOROBONAPARTE	Foro Buonaparte, 53	02	8635971	874420
70056	**MOLFETTA (BA)**	LIBRERIA IL GHIGNO	Via Campanella, 24	080	3971365	3971365

Segue: LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE

cap	località	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
80139	**NAPOLI**	LIBRERIA MAJOLO PAOLO	Via C. Muzy, 7	081	282543	269898
80134	**NAPOLI**	LIBRERIA LEGISLATIVA MAJOLO	Via Tommaso Caravita, 30	081	5800765	5521954
84014	**NOCERA INF. (SA)**	LIBRERIA LEGISLATIVA CRISCUOLO	Via Nicotera, 47	081	5177752	5152270
28100	**NOVARA**	EDIZIONI PIROLA E MODULISTICA	Via Costa, 32/34	0321	626764	626764
35122	**PADOVA**	LIBRERIA DIEGO VALERI	Via dell'Arco, 9	049	8760011	659723
90138	**PALERMO**	LA LIBRERIA DEL TRIBUNALE	P.za V.E. Orlando, 44/45	091	6118225	552172
90138	**PALERMO**	LIBRERIA S.F. FLACCOVIO	Piazza E. Orlando, 15/19	091	334323	6112750
90145	**PALERMO**	LIBRERIA COMMISSIONARIA G. CICALA INGUAGGIATO	Via Galileo Galilei, 9	091	6828169	6822577
90133	**PALERMO**	LIBRERIA FORENSE	Via Maqueda, 185	091	6168475	6177342
43100	**PARMA**	LIBRERIA MAIOLI	Via Farini, 34/D	0521	286226	284922
06087	**PERUGIA**	CALZETTI & MARIUCCI	Via della Valtiera, 229	075	5997736	5990120
29100	**PIACENZA**	NUOVA TIPOGRAFIA DEL MAINO	Via Quattro Novembre, 160	0523	452342	461203
59100	**PRATO**	LIBRERIA CARTOLERIA GORI	Via Ricasoli, 26	0574	22061	610353
00192	**ROMA**	LIBRERIA DE MIRANDA	Viale G. Cesare, 51/E/F/G	06	3213303	3216695
00195	**ROMA**	COMMISSIONARIA CIAMPI	Viale Carso, 55-57	06	37514396	37353442
00161	**ROMA**	L'UNIVERSITARIA	Viale Ippocrate, 99	06	4441229	4450613
00187	**ROMA**	LIBRERIA GODEL	Via Poli, 46	06	6798716	6790331
00187	**ROMA**	STAMPERIA REALE DI ROMA	Via Due Macelli, 12	06	6793268	69940034
45100	**ROVIGO**	CARTOLIBRERIA PAVANELLO	Piazza Vittorio Emanuele, 2	0425	24056	24056
63039	**SAN BENEDETTO D/T (AP)**	LIBRERIA LA BIBLIOFILA	Via Ugo Bassi, 38	0735	587513	576134
07100	**SASSARI**	MESSAGGERIE SARDE LIBRI & COSE	Piazza Castello, 11	079	230028	238183
10122	**TORINO**	LIBRERIA GIURIDICA	Via S. Agostino, 8	011	4367076	4367076
21100	**VARESE**	LIBRERIA PIROLA	Via Albuzzi, 8	0332	231386	830762
36100	**VICENZA**	LIBRERIA GALLA 1880	Viale Roma, 14	0444	225225	225238

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni dell'Istituto sono in vendita al pubblico:

— **presso l'Agenzia dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. in ROMA, piazza G. Verdi, 10 - ☎ 06 85082147;**

— **presso le librerie concessionarie indicate (elenco consultabile sul sito www.ipzs.it)**

L'Istituto conserva per la vendita le Gazzette degli ultimi 4 anni fino ad esaurimento. Le richieste per corrispondenza potranno essere inviate a:

Funzione Editoria - U.O. DISTRIBUZIONE
Attività Librerie concessionarie, Vendita diretta e Abbonamenti a periodici
Piazza Verdi 10, 00198 Roma
fax: 06-8508-4117
e-mail: editoriale@ipzs.it

avendo cura di specificare nell'ordine, oltre al fascicolo di GU richiesto, l'indirizzo di spedizione e di fatturazione (se diverso) ed indicando il codice fiscale per i privati. L'importo della fornitura, maggiorato di un contributo per le spese di spedizione, sarà versato in contanti alla ricezione.

Le inserzioni, come da norme riportate nella testata della parte seconda, si ricevono con pagamento anticipato, presso le agenzie in Roma e presso le librerie concessionarie.

Per informazioni, prenotazioni o reclami attinenti agli abbonamenti oppure alla vendita della *Gazzetta Ufficiale* bisogna rivolgersi direttamente all'Amministrazione, presso l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 ROMA

Gazzetta Ufficiale Abbonamenti	Vendite	Ufficio inserzioni	Numero verde
☎ 800-864035 - Fax 06-85082520	☎ 800-864035 - Fax 06-85084117	☎ 800-864035 - Fax 06-85082242	☎ 800-864035

CANONI DI ABBONAMENTO ANNO 2005 (salvo conguaglio) (*)

Ministero dell'Economia e delle Finanze - *Decreto 24 dicembre 2003 (G.U. n. 36 del 13 febbraio 2004)*

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE I (legislativa)

		CANONE DI ABBONAMENTO	
Tipo A	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari:		
	(di cui spese di spedizione € 219,04)	- annuale	€ **400,00**
	(di cui spese di spedizione € 109,52)	- semestrale	€ **220,00**
Tipo A1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i soli supplementi ordinari contenenti i provvedimenti legislativi:		
	(di cui spese di spedizione € 108,57)	- annuale	€ **285,00**
	(di cui spese di spedizione € 54,28)	- semestrale	€ **155,00**
Tipo B	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte Costituzionale:		
	(di cui spese di spedizione € 19,29)	- annuale	€ **68,00**
	(di cui spese di spedizione € 9,64)	- semestrale	€ **43,00**
Tipo C	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti della CE:		
	(di cui spese di spedizione € 41,27)	- annuale	€ **168,00**
	(di cui spese di spedizione € 20,63)	- semestrale	€ **91,00**
Tipo D	Abbonamento ai fascicoli della serie destinata alle leggi e regolamenti regionali:		
	(di cui spese di spedizione € 15,31)	- annuale	€ **65,00**
	(di cui spese di spedizione € 7,65)	- semestrale	€ **40,00**
Tipo E	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:		
	(di cui spese di spedizione € 50,02)	- annuale	€ **167,00**
	(di cui spese di spedizione € 25,01)	- semestrale	€ **90,00**
Tipo F	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari, ed ai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 344,93)	- annuale	€ **780,00**
	(di cui spese di spedizione € 172,46)	- semestrale	€ **412,00**
Tipo F1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale inclusi i supplementi ordinari con i provvedimenti legislativi e ai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 234,45)	- annuale	€ **652,00**
	(di cui spese di spedizione € 117,22)	- semestrale	€ **342,00**

N.B.: L'abbonamento alla GURI tipo A, A1, F, F1 comprende gli indici mensili
Integrando con la somma di € **80,00** *il versamento relativo al tipo di abbonamento alla* Gazzetta Ufficiale - *parte prima - prescelto, si riceverà anche l'Indice Repertorio Annuale Cronologico per materie anno 2005.*

BOLLETTINO DELLE ESTRAZIONI

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **88,00**

CONTO RIASSUNTIVO DEL TESORO

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **56,00**

PREZZI DI VENDITA A FASCICOLI
(Oltre le spese di spedizione)

Prezzi di vendita:		
	serie generale	€ 1,00
	serie speciali (escluso concorsi), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo serie speciale, *concorsi,* prezzo unico	€ 1,50
	supplementi (ordinari e straordinari), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Bollettino Estrazioni, ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Conto Riassuntivo del Tesoro, prezzo unico	€ 6,00

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE II (inserzioni)

Abbonamento annuo	*(di cui spese di spedizione € 120,00)*		€ **320,00**
Abbonamento semestrale	*(di cui spese di spedizione € 60,00)*		€ **185,00**
Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione (oltre le spese di spedizione)		€ 1,00	

I.V.A. 20% inclusa

RACCOLTA UFFICIALE DEGLI ATTI NORMATIVI

Abbonamento annuo		€ **190,00**
Abbonamento annuo per regioni, province e comuni		€ **180,00**
Volume separato (oltre le spese di spedizione)	€ 18,00	

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

Per l'estero i prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, anche per le annate arretrate, compresi i fascicoli dei supplementi ordinari e straordinari, devono intendersi raddoppiati. Per il territorio nazionale i prezzi di vendita dei fascicoli separati, compresi i supplementi ordinari e straordinari, relativi ad anni precedenti, devono intendersi raddoppiati. Per intere annate è raddoppiato il prezzo dell'abbonamento in corso. Le spese di spedizione relative alle richieste di invio per corrispondenza di singoli fascicoli, vengono stabilite, di volta in volta, in base alle copie richieste.

N.B. - Gli abbonamenti annui decorrono dal 1° gennaio al 31 dicembre, i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno e dal 1° luglio al 31 dicembre.

Restano confermati gli sconti in uso applicati ai soli costi di abbonamento

ABBONAMENTI UFFICI STATALI

Resta confermata la riduzione del 52% applicata sul solo costo di abbonamento

* tariffe postali di cui al Decreto 13 novembre 2002 (G.U. n. 289/2002) e D.P.C.M. 27 novembre 2002 n. 294 (G.U. 1/2003) per soggetti iscritti al R.O.C.

€ 57,00